

INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RICHARD YUZO RAMIDAN KOHARA

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICA ULTRASSÔNICA PARA MEDIDA DE
CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO BÓRICO EM MEIO LÍQUIDO**

Rio de Janeiro

2015

Richard Yuzo Ramidan Kohara

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICA ULTRASSÔNICA PARA MEDIDA DE
CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO BÓRICO EM MEIO LÍQUIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Nucleares do Instituto de Engenharia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia Nucleares – Acadêmico em Engenharia de Reatores.

Orientadores: Prof. Dr. Celso Marcelo Franklin Lapa (PPGCTN / IEN / CNEN)
Prof. Dr. Marcelo de Siqueira Queiroz Bittencourt (PPGCTN / IEN / CNEN)

Rio de Janeiro

2015

Kohara, Richard Yuzo Ramidan

Avaliação de técnica ultrassônica para medida de concentração de ácido bórico em meio líquido/ Richard Yuzo Ramidan Kohara - Rio de Janeiro: CNEN / IEN, 2015.

xvi, 103f.: il.; 31 cm

Orientadores: Celso Marcelo Franklin Lapa e Marcelo de Siqueira Queiroz Bittencourt.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Nucleares) –
Instituto de Engenharia Nuclear, PPGCTN/IEN, 2015.

1. Análise de Técnica de Ultrassom
2. Pulso-eco
3. Concentração de ácido bórico
4. Tempo de percurso da onda ultrassônica

Avaliação de Técnica Ultrassônica para Medida de Concentração de Ácido Bórico em Meio Líquido

Richard Yuzo Ramidan Kohara

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA NUCLEARES DO INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA NUCLEARES.

Aprovada por:

Prof. Celso Marcelo Franklin Lapa, D.Sc.

Prof. Marcelo de Siqueira Queiroz Bittencourt, D.Sc.

Prof^a. Maria de Lourdes Moreira, D.Sc.

Prof. Fernando Roberto de Andrade Lima, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2015

AGRADECIMENTOS

A minha Esposa e Família pelo apoio e suporte durante todo o curso de pós-graduação;

Aos professores Celso Marcelo Franklin Lapa (PPGCTN/IEN/CNEN) e Marcelo de Siqueira Queiroz Bittencourt (PPGCTN/IEN/CNEN) pela orientação, paciência e amizade formada;

Ao professor Ronaldo Antônio Correa pelo suporte técnico e estatístico;

Ao laboratório de materiais do IEN pelo fornecimento das soluções;

Ao IEN-CNEN pelo suporte necessário ao trabalho;

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em parceria com o Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE) pela iniciativa da pesquisa do pressurizador IRIS.

RESUMO

Este trabalho consiste em analisar a viabilidade do emprego da técnica ultrassônica para caracterizar a concentração de ácido bórico em meio líquido de forma não invasiva, para tanto, foram realizados testes ultrassônicos relacionando diferentes concentrações de ácido bórico com o tempo de percurso da onda ultrassônica, também, foram avaliados fatores capazes de mascarar a caracterização dessas concentrações pela técnica ultrassônica. Os resultados permitiram concluir que a técnica ultrassônica permite caracterizar concentrações de ácido bórico em meio líquido em condições muito simples pelo tempo de percurso da onda ultrassônica, sendo necessários estudos mais aprofundados em condições complexas.

Palavras-chave: **Análise de Técnica de Ultrassom, Pulso-eco, Concentração de ácido bórico, tempo de percurso.**

ABSTRACT

This dissertation is to analyze the viability of using ultrasonic technique to characterize the concentration of boric acid in liquid medium non-invasively, therefore, ultrasonic tests were performed relating different boric acid concentrations with the travel time of the ultrasonic wave, also were evaluated factors able to mask the characterization of these concentrations by ultrasonic technique. The results showed that the ultrasonic technique allows the characterization of boric acid concentrations in liquid medium in very simple terms by the ultrasonic wave travel time, requiring further studies in complex conditions.

Keywords: Ultrasound Technical Analysis, Pulse-echo, concentration of boric acid, journey times.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa Mundi composto por fotos noturnas do satélite -----	14
Figura 2 – Diagrama de desidratação do H_3BO_3 -----	17
Figura 3 – Modelo de onda longitudinal-----	24
Figura 4 – Representação de propagação do pulso ultrassônico -----	25
Figura 5 – Movimento harmônico simples-----	25
Figura 6 – Configurações para ultrassom-----	30
Figura 7 – Configuração experimental-----	31
Figura 8 – Fluxograma da bancada experimental idealizada por Silva (2008).-----	32
Figura 9- A– Osciloscópio-----	34
Figura 9- B– Gerador de pulso-----	34
Figura 9- C– Filtro de tensão-----	34
Figura 9- D – Caixa de acrílico-----	34
Figura 9- E– Termômetro digital-----	35
Figura 9- F– Transdutor de contato (esquerda) e transdutor de imersão (direita) -----	35
Figura 9- G – Tubo de aço inoxidável-----	35
Figura 9- H – Medidores de espaço padronizados-----	35
Figura 10 – Esquema do sistema ultrassônico -----	36
Figura 11 – Foto do experimento ultrassônico montado em bancada-----	37
Figura 12 – Calibração do espaço entre os transdutores-----	37
Figura 13 – Espaçamento entre os transdutores após a calibração-----	38
Figura 14 – Configuração do software -----	39
Figura 15 – Distância percorrida pelo pulso ultrassônico-----	40
Figura 16 – Orifício na parte inferior para permitir o escoamento do líquido-----	41
Figura 17 – Configuração pulso eco com tubo de aço inoxidável-----	45
Figura 18 – Retirada da água destilada do tubo de aço inoxidável-----	46
Figura 19 – Gráfico tempo VS temperatura constante-----	52
Figura 20 – Gráfico velocidade VS temperatura em água destilada-----	53
Figura 21 – Gráfico tempo VS temperatura para água destilada-----	54
Figura 22 – Gráfico do tempo de percurso em concentrações diferentes-----	57
Figura 23 – Gráfico velocidade VS concentração-----	58
Figura 24 – Gráfico de tempo VS temperatura para água destilada e solução de ácido bórico saturada-----	60
Figura 25 – Gráfico de tempo com variação da temperatura para água destilada e solução de ácido bórico saturada-----	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre o valor experimental e o valor dado pela literatura-----	48
Tabela 2 – Comparação entre o valor experimental e o valor dado pela literatura-----	49
Tabela 3 – Comparação entre os valores de tempo e velocidade dos líquidos-----	50
Tabela 4 – Valores médios de tempo e temperatura-----	55
Tabela 5 – Valores de tempo corrigidos-----	56
Tabela 6 – Resultados estatísticos da regressão linear e coeficientes das retas ajustadas-----	60
Tabela 7 – Resultados estatísticos da regressão linear e coeficientes das retas ajustadas referentes à figura 27-----	62
--	

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BRICS	–	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CDF	–	(Core Damage Frequency) – Frequência de Dano no Núcleo
CNEN	–	Comissão Nacional de Energia Nuclear
IC	–	Intervalo de Confiança
IRIS	–	(International Reactor Innovative and Secure) – Reator Internacional Inovador e Seguro
LBLOCA	–	(Large Break Loss of Coolant Accident) – LOCA de Alta Intensidade
LERF	–	(Large Early Release Frequency) – Grande frequência de Saída Antecipada
LOCA	–	(Loss of Coolant Accident) – Acidentes de Perda de Refrigerante
LWR	–	(Light water reactor) – Reatores refrigerados a Água Leve
MWe	–	(Electric Megawatts) – Mega Watts Elétricos
MWt	–	(termic Megawatts) – Mega Watts Térmicos
PPM	–	Parte por milhão
PRA	–	(probabilistic Risk Assessment) – Avaliação Probabilística de Risco
PSA	–	(Probabilistic Safety Assessment) – Avaliação probabilística de Segurança
PWR	–	(Pressurized water reactor) – Reator a Água Pressurizada
MHS	–	(Simple Harmonic Motion) – Movimento Harmônico Simples
NASA	–	(National Aeronautics and Space Administration) –Aeronáutica Nacional e Administração do Espaço
NERI	–	(Nuclear Energy Research Initiative) – Iniciativa de Pesquisa da Energia Nuclear
NUCLEP	–	Nucleobrás Equipamentos Pesados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.3
1.1 Motivação	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.2 Utilização de ácido bórico em reatores nucleares	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.3 Objetivos do trabalho	18
1.4 Contribuições do trabalho	18
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	20
2.1 O Ultrassom	20
2.2 Ondas longitudinais.....	23
2.3 Configuração experimental	29
2.4 Análise de concentração de ácido bórico por técnica de ultrassom	37
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 Materiais utilizados.....	33
3.2 Metodologia	35
3.2.1 Calibração do equipamento	36
3.2.2 Tempo de percurso com variação de temperatura em caixa de acrílico	41
3.2.3 Tempo de percurso da onda ultrassônica em soluções de ácido-bórico com diferentes concentrações e temperatura fixa	43
3.2.4 Tempo de percurso em água destilada e Solução de H_3BO_3 saturada em tubo de aço inoxidável e líquido estacionário e temperatura variável	44
3.2.5 Tempo de percurso com variação de temperatura para concentrações de 600ppm e 650 ppm	46
4 RESULTADOS E DISCUSSOES.....	47
4.1 Calibração do equipamento	47
4.1.1 Ácido bórico.....	50
4.2 Tempo de percurso da onda ultrassônica com variação de temperatura em água destilada	52
4.3 Tempo de percurso da onda em solução de ácido-bórico com diferentes concentrações.	57
4.4 Tempo de percurso em água destilada e solução de ácido-bórico saturada com variação de temperatura em um tubo de aço inoxidável	59
4.5 Tempo de percurso da onda em solução de ácido bórico a 600ppm e 650ppm em um tubo de aço inox com variação de temperatura.....	61
5 CONCLUSÕES	63
5.1 Sugestões de trabalhos futuros	64

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
7 APÊNDICES.....	71
7.1 Apêndice I	71
7.1 Apêndice II	72
7.1 Apêndice III	94
7.4 Apêndice IV	97
7.5 Apêndice V	103

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo será abordada, a motivação, a contextualização do problema, os objetivos e as contribuições do trabalho.

1.1 Motivação

Com o advento da industrialização e a predominância do sistema capitalista, o mundo contemporâneo ficou cada vez mais dependente dos recursos energéticos, que são destinados à produção de energia elétrica para residências, empresas e servem como combustíveis para meios de transporte, maquinários agrícolas e industriais.

As nações mais desenvolvidas são aquelas que possuem grande participação e contribuição do setor industrial, transportes e serviços no produto interno bruto, implicando em maior consumo de energia per capita, como EUA, Japão e Europa ocidental, com isso, a necessidade de ampliação de suas matrizes energéticas é de vital importância para a manutenção do seu sucesso econômico.

Ao fazer uma analogia entre o nível de desenvolvimento socioeconômico de um país e setor elétrico, pode-se notar uma estreita relação entre a participação econômica mundial e o consumo energético regional. A figura 1 mostra uma imagem de satélite, no período noturno, evidenciando consumo elétrico das regiões mais ativas das economias mundiais e as economias ainda em desenvolvimento, que recentemente alcançaram destaque internacional pelas suas características de crescimento econômico.

Figura 1 – Mapa Mundi composto por fotos de satélite realizadas no período noturno



Fonte: NASA 2003.

O Brasil alcançou, na última década, papel de destaque no mundo, participando de um seleto grupo designado BRICS, caracterizados pelo crescimento de suas economias e impulsionando a retomada do aquecimento da economia global.

Tendo em vista a pretensão do Brasil em se manter como país em desenvolvimento, torna-se necessário, uma matriz energética baseada não apenas em fontes de energia sazonais, mas em fontes que independam de fatores climáticos, com risco de perder competitividade em caso de oscilação ou redução na oferta de geração de energia em virtude de escassez de chuvas, pois, como o Brasil possui sua matriz energética baseada em hidrelétricas, uma diminuição nos reservatórios pode comprometer o setor elétrico.

No final de 2014 e início de 2015, foi constatada uma crise energética devido à escassez de chuvas na região sudeste do país, que deixaram os reservatórios a níveis alarmantes, o que implicou em acionamento das usinas térmicas para suprir a demanda energética, gerando aumento de inflação na economia, dificuldade em toda a cadeia produtiva e racionamento de energia, devido ao alto preço da geração de energia termoelétrica.

Com essa perspectiva, o Brasil tem a pretensão de aumentar sua geração de energia de fonte Nuclear entre 2016 e 2030 de 4000 MWe e num cenário mais radical

8000 MWe, conforme dados emitidos pelo Plano Nacional de Energia da Eletrobrás / Eletronuclear.

Na última década, o Brasil chegou a participar de um consórcio para desenvolvimento de um reator nuclear modular compacto, o IRIS, com intuito de se projetar tecnologicamente e adquirir conhecimento para produção dessa nova classe de reatores, porém, o projeto foi abandonado, deixando uma nova janela de oportunidades para novos estudos em reatores compactos avançados.

Sendo considerado um reator com características intermediárias das gerações III+, o reator IRIS tinha como propósito o atendimento dos seguintes requisitos:

- Aumento da segurança;
- Resistência à proliferação nuclear;
- Diminuição de custos na geração de energia elétrica;
- Redução de lixo nuclear.

Na época, muitos trabalhos acadêmicos foram feitos a respeito do projeto IRIS, devido ao fato de o Brasil ter ficado responsável pelo desenvolvimento do pressurizador, onde ocorre o processo de homogeneização de boração e deboração, para auxiliar o controle de reatividade do núcleo, conforme o trabalho de mestrado de ROSA, José Eduardo Pereira. **Simulação computacional da homogeneização do ácido bórico em um pressurizador de um reator nuclear avançado**, 2013.

Outros trabalhos no campo experimental também foram iniciados, como exemplo, a tese de doutorado de DA ROSA, José Eduardo Pereira. **Estudo do processo de homogeneização do boro em uma bancada experimental de baixa pressão simulando o pressurizador do reator IRIS**, 2012.

Embora o projeto IRIS tenha sido engavetado, a possibilidade de desenvolver sistemas de instrumentação de coleta de dados e controle que melhore a segurança dos reatores nucleares avançados, outros trabalhos estão em andamento, dentre eles, a montagem de uma bancada experimental para estudar o processo de homogeneização do ácido bórico.

1.2 Utilização do ácido bórico em reatores nucleares.

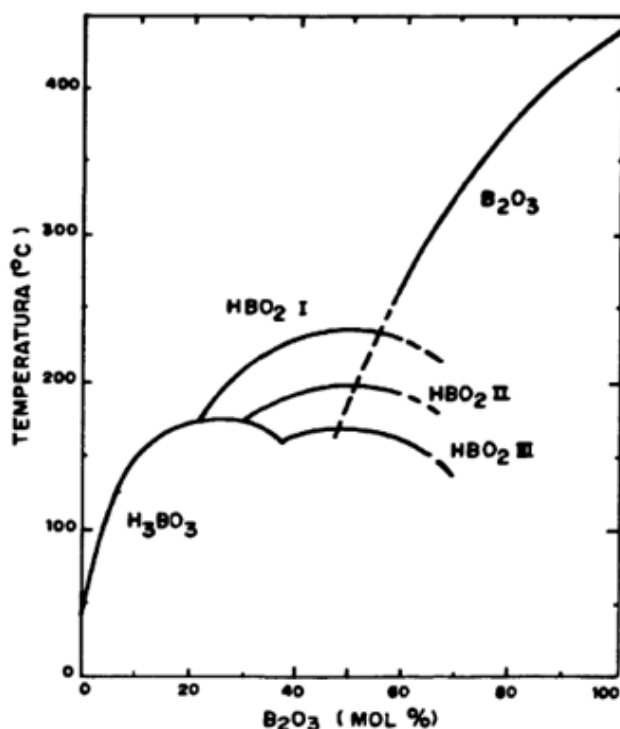
Compostos formados por boro são extensamente utilizados em reatores compactos avançados e nos antigos PWR's, o que potencializa a necessidade de

desenvolvimento de instrumentação capaz de medir sua concentração e homogeneização, em tempo real minimizando riscos de segurança com aplicação de técnicas de medidas não invasivas.

O boro apresenta uma alta seção de choque de absorção e baixa atividade após irradiação, além de grande disponibilidade e baixo custo de aquisição, sendo utilizado em vários tipos de reatores como material de controle, veneno queimável, ou material de blindagem. A absorção neutrônica pelo boro ocorre pela reação, $B(n,\alpha) Li$ que abrange toda a faixa do espectro de energia dos nêutrons (térmicos, epitérmicos e rápidos). A seção de choque do isótopo de boro de massa 10 é bastante elevada e os elementos gerados após a reação (lítio e hélio) não são radioativos. O gás hélio formado durante a irradiação pode causar danos ao material quando altas taxas de queima são envolvidas. Este aspecto pode ser minimizado assegurando-se a integridade do encamisamento. O ácido ortobórico H_3BO_3 é o principal oxi-ácido do boro, comumente conhecido como ácido bórico é considerado um ácido fraco, solúvel em água e é usado para a formação de outros compostos mais complexos da família de boratos. Em solução, o ácido bórico, apresenta propriedades antissépticas e, devido a sua baixa acidez, não produz ataque químico nas paredes metálicas por onde passa.

O ácido bórico se apresenta em uma única forma cristalina, cuja célula unitária é triclinica (Todos ângulos entre os eixos são diferentes e nenhum igual a 90°). O ponto de fusão do H_3BO_3 é da ordem de $170^\circ C$ e a densidade na temperatura ambiente é igual a $1,48 \text{ g/cm}^3$. Este composto apresenta uma alta pressão de vapor. O diagrama de equilíbrio do sistema $H_2O - B_2O_3$, apresentado na figura 2, mostra as condições de temperatura e concentração para a existência, em equilíbrio, das fases H_3BO_3 , HBO_2 e B_2O_3 . A decomposição do H_3BO_3 em B_2O_3 pode envolver a formação do composto intermediário HBO_2 , designado ácido metabórico, que se apresenta em diferentes formas cristalinas. A formação de $HBO_2 - III$ é observada em temperaturas próximas a $130^\circ C$, apresentando estrutura cristalina ortorrômbica e densidade igual a $1,78 \text{ g/cm}^3$, que funde congruentemente a $176^\circ C$. Esta fase é convertida em $HBO_2 - II$ (monoclínica, densidade $2,04 \text{ g/cm}^3$ e ponto de fusão $200,9^\circ C$) com o aquecimento na faixa de 130° a $150^\circ C$. A forma $HBO_2 - I$ (cúbica, densidade $2,486 \text{ g/cm}^3$ e ponto de fusão $236^\circ C$) é obtida em temperaturas acima de $150^\circ C$, (DASGUPTA, BANERJEE, 1955).

Figura 2 – diagrama de desidratação do H_3BO_3



Fonte: CASTRO, Angela Maria Mattos (1989)

Dessa forma, para auxiliar o controle das taxas de fissão no núcleo do reator, a solução de ácido bórico H_3BO_3 é normalmente adicionada ao refrigerante. Entretanto, tal método não é suficiente para controlar a reatividade, já que a mudança na concentração de boro não atua tão rapidamente para satisfazer os requisitos de segurança, como fazem as barras de controle, porém é indispensável para manter o controle das taxas de fissão do combustível. A distribuição de concentração de boro depende de fatores como, por exemplo, a geometria do caminho do escoamento, a injeção de água pura ou solução diluída de boro e a transferência de calor nos regimes de vaporização-condensação (SILVA, 2008).

1.3 Objetivos do Trabalho

Assim como o IRIS e outros reatores nucleares avançados, grande parte das plantas nucleares (PWR) utiliza solução de compostos de boro adicionada ao refrigerante para auxiliar no controle de reatividade do núcleo.

Atualmente está sendo estudado um modelo do pressurizador em escala reduzida, montado no Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE) para estudar os processos de diluição e homogeneização do boro à temperatura ambiente, contudo, a técnica experimental a ser utilizada para a aquisição dos dados ainda está em processo de avaliação e, dentre elas, o ultrassom desponta como uma das alternativas.

O objetivo desse trabalho é analisar a viabilidade do emprego da técnica de ultrassom para caracterizar a concentração de ácido bórico em meio líquido nas condições mais simples (líquido estacionário, para uma pequena faixa de temperatura e pressão) e verificar se o método é sensível o suficiente para caracterizar com precisão, diferentes concentrações de solução de ácido bórico.

1.4 Contribuições do trabalho

A dissertação em questão apresenta uma aplicação pioneira da técnica de ultrassom para caracterização das concentrações de ácido bórico para ser usada em reatores nucleares, devido à necessidade de uma técnica não invasiva, de baixo custo operacional, que faça uma leitura confiável em tempo real e sem a necessidade de manipulação in loco. Quando comparada com a utilização de técnicas que envolvem radiação de alta energia, a técnica ultrassônica tem um custo menor, é simples de operar e não requer planos especiais de segurança.

A contribuição desse trabalho consiste em apresentar uma nova possibilidade de leitura de concentração de ácido bórico com procedimentos não invasivos por técnica de ultrassom. Ainda que em uma primeira etapa, diferente da realidade de funcionamento do reator, o método tem grande potencial de utilização e abre precedentes para novos estudos em condições que se aproximem mais da complexidade de um líquido não estacionário e com elevadas variações de temperatura e pressão como exige o projeto, possibilitando estender-se a todos os

reatores que utilizam solução de ácido bórico no refrigerante para auxiliar o controle de reatividade do núcleo.

Em nível internacional, cumpre uma das diretrizes, onde o Brasil se projeta com a contribuição do estudo de análise de segurança dos transientes de boração, deboração e do desenvolvimento de perspectivas utilitárias, respectivamente liderados pela NUCLEP, CNEN e a ELETRONUCLEAR.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Neste capítulo serão discutidos: um breve resumo sobre as ondas ultrassônicas, o tipo de onda ultrassônica empregada e modelo proposto para este trabalho.

2.1 O Ultrassom

A caracterização de materiais para controle de processos e/ou verificação da conformidade de produtos por ultrassom faz uso do tempo de percurso da onda ultrassônica em diversas aplicações, por exemplo, na avaliação de porosidade em materiais cerâmicos, na determinação da direção de laminação e do tamanho de grão de materiais metálicos, no levantamento de constantes elásticas de materiais, na avaliação de tensões e concentração de soluto em meio líquido. Portanto, o problema da medição de tempo da onda ultrassônica com elevada resolução é da maior importância em diversas áreas (BITTENCOURT et.al.,2003).

A técnica de ultrassom atingiu um estágio de desenvolvimento, hoje, que é comparável à da ressonância magnética nuclear de uma década atrás. O ultrassom pode penetrar em materiais óticamente opacos, fornecendo informações de alta qualidade a baixo custo de uma forma rápida e não destrutiva. A técnica ultrassônica tem muitas vantagens para o monitoramento dos processos de medidas não invasivas. Ela pode ser rápida, confiável e relativamente de baixo custo, de fácil mobilidade e, em alguns casos, a técnica de ultrassom é o único meio viável para determinar as características de determinados materiais. (POVEY,1997).

A técnica de ultrassom pode ser empregada aos diversos estados da matéria, principalmente nos sólidos e líquidos, onde a proximidade das moléculas facilita a propagação da onda mecânica de frequência ultrassônica.

O Ultrassom é uma onda mecânica de natureza acústica semelhante a qualquer onda sonora; a única diferença consiste na faixa de frequência que não está no campo audível aos seres humanos (20Hz a 20KHz). Ondas ultrassônicas são ondas com frequência superior a 20KHz.

É importante ressaltar que existem basicamente dois tipos diferentes de ondas ultrassônicas, as longitudinais e transversais, que são caracterizadas pelo deslocamento e a trajetória (órbita) imposta aos elementos do meio sob a ação da propagação da onda ultrassônica, porém, somente ondas do tipo longitudinal serão detalhadas neste trabalho, embora outros tipos com suas características próprias ocorram nos meios.

A trajetória ou órbita de uma onda ultrassônica pode ser essencialmente paralela (ondas do tipo longitudinais) ou perpendicular à linha de propagação (ondas transversais ou de cisalhamento). Também, as ondas ultrassônicas podem se propagar por uma distância muito curta na superfície do material (ondas de superfície) ou se propagar com comprimentos de ondas mais longos, através do meio (ondas de flexão). As ondas ultrassônicas também são classificadas em função da variação ou não do meio; se o meio possuir volume variável, as ondas ultrassônicas que se propagam nele, são definidas como ondas de dilatação; do contrário, sem variação do volume do meio, são classificadas como ondas de distorção; ondas de dilatação se caracterizam por não possuírem elementos de rotação. As ondas do tipo longitudinais ou transversais podem ser na teoria, de dilatação ou de distorção, porém na prática os materiais nem sempre podem suportar todos os tipos de movimentos ondulatórios e as ondas longitudinais em aplicações ultrassônicas são caracterizadas para movimentos de distorção, ou seja, o volume do meio não varia na propagação de ondas; ondas longitudinais e transversais são assim denominadas independentemente das demais classificações.

A técnica de ultrassom consiste na detecção das interações que ocorrem entre as ondas sonoras, que viajam através de uma estrutura contínua, e as demais estruturas dispersas em um meio. Quando uma onda sonora se depara com um obstáculo (como uma partícula, uma bolha ou uma descontinuidade do meio), ela é defletida de seu curso original. A interação da onda com o obstáculo, também dá origem a uma onda que se propaga, a partir do obstáculo, em todas as direções (difração), distorcendo e interferindo as demais ondas. A interação entre a onda sonora e um obstáculo depende de dois fatores: (i) a razão entre o comprimento de onda e o obstáculo; e (ii) a razão entre a impedância acústica na interface das duas fases. (DYAKOWSKI, 2005).

A onda ultrassônica precisa de um meio material para se propagar. Essa onda é formada pela perturbação de um meio acustoelástico, seja ele sólido, líquido ou gasoso, em que força as partículas que o constituem a vibrar em torno de suas posições de equilíbrio, essa energia de vibração é transmitida às partículas vizinhas, e assim a onda é propagada através do meio.

Gooberman (1968) define o movimento de ondas como a transmissão de um distúrbio através de um meio material onde uma energia mecânica é propagada ocasionando o deslocamento de moléculas desse meio; cessada a causa do distúrbio,

as moléculas voltam ao seu estado inicial tal qual as deformações elásticas, respeitando os limites elásticos de cada meio. Qualquer material que possua características elásticas é considerado como meio para propagação de ondas ultrassônicas.

A propagação é o efeito do deslocamento de elementos sucessivos no meio; desde que o meio possua características elásticas; uma força de recuperação tende a devolver a cada elemento do meio sua posição original. Se o sinal ultrassônico é ondulatório, a cada impulso, os elementos do meio se deslocam e retornam à posição original na frequência do impulso gerado, caracterizando a movimentação ondulatória do meio; a inércia dos elementos permite que estes, no processo de deslocamento partindo de uma posição original com amplitudes decrescentes, descreverem diferentes órbitas em torno da posição original.

A conservação das características do impulso sônico gerado é que diferenciam os sinais ultrassônicos. Outra característica a ser observada é o atraso da propagação da onda ao longo do meio; cada elemento do meio sensibiliza seu vizinho mais próximo, este, por sua vez sensibiliza o seguinte; este atraso ou tempo demandado caracteriza as mudanças de fase do sinal gerado em cada elemento deslocado do meio, Gooberman (1968).

A velocidade das ondas mecânicas depende do meio em que elas se propagam. Como as ondas ultrassônicas se propagam através das vibrações das partículas do meio, quanto mais próximas estiverem essas partículas, tão mais rápida será a velocidade de propagação da onda, ou seja, quanto maior for a densidade do meio, maior será a velocidade da onda ultrassônica no mesmo, ao ser transmitida de uma partícula do meio para outra. No caso de propagação nos líquidos podem ocorrer fenômenos que interferem na velocidade de propagação das ondas, dependendo da composição do líquido, ou seja, a concentração, o tamanho e a diversidade de moléculas que compõem tal líquido. Esses fenômenos podem resultar em absorção, atenuação, difração, dispersão, espalhamento reflexão e refração, que variarão de acordo com as características físicas das moléculas desse meio, que podem ser vistos em Cittadine (2000), Gooberman (1968) e Paula Leite(1979).

2.2 Ondas Longitudinais

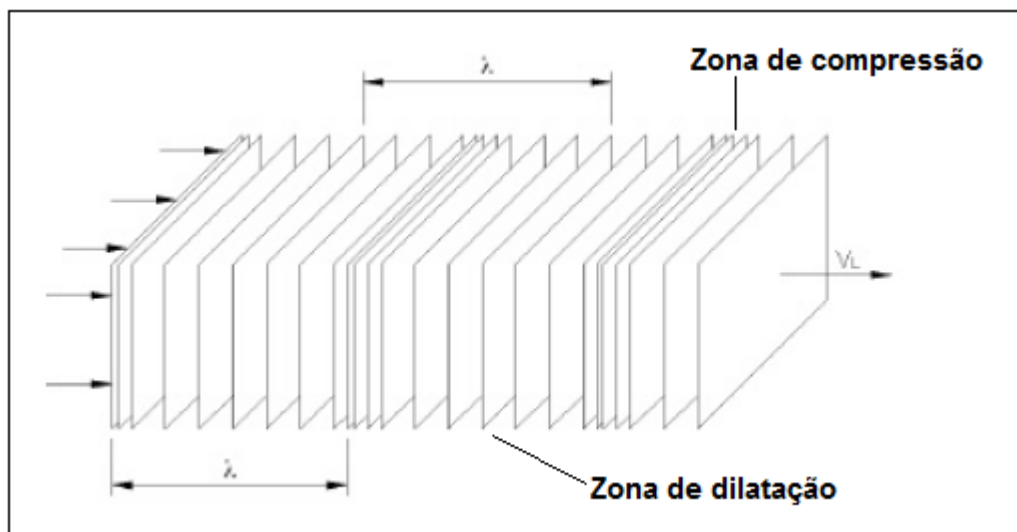
As ondas longitudinais são aquelas em que a oscilação das partículas no meio são essencialmente paralelos à direção de propagação da onda; frequentemente, este tipo de onda pode ser referenciado como onda “L”. Como este tipo de onda se propaga em sólidos, gases e líquidos, obviamente se tornaram o tipo mais usado para aplicações ultrassônicas, além do que, pode ser gerado e detectado mais facilmente.

As ondas longitudinais possuem velocidades de deslocamento relativamente elevadas na maioria dos meios e seus comprimentos de onda são geralmente muito pequenos, se comparados com a superfície dos transdutores e ou receptores, caracterizando um foco mais agudo evitando a dispersão da energia emitida e recebida.

Uma observação interessante é que a vibração total de um corpo (material) não deve ser somente devido às ondas ultrassônicas se propagando ao longo do corpo, posto que a geometria do corpo influencia fortemente na vibração deste em função da ação das ondas contidas internamente ao corpo (na seção do corpo), define Carlin(1972), Gómez(1977) e Krautkramer(1990); estabelecem que as ondas do tipo “L” também podem ser definidas como ondas de Pressão ou Compressão; conforme se observa na figura 3, essa definição em função da atuação de forças de compressão e distensão no sentido “Y”. Também podem ser definidas como ondas de densidade, em função da flutuação da densidade do meio, Gómez (1977).

Como as ondas ultrassônicas existem dentro de uma pequena seção do corpo, pode ser entendido que o deslocamento dos elementos nas superfícies são paralelos à direção da propagação. As ondas longitudinais podem ser geradas dentro de um meio, mediante vibração de quaisquer das superfícies paralelas deste meio na direção normal às superfícies numa frequência ultrassônica.

A energia do sinal ultrassônico deve ser concentrada em um feixe cônico, na superfície paralela, a frequência ultrassônica e seu respectivo comprimento de onda deverão estar com uma relação apropriada com a área da superfície que está vibrando, Carlin (1972). Como as frequências ultrassônicas são geralmente muito altas, maiores que 20KHz, bem como as velocidades de propagação, os sistemas para aquisição de dados deverão ter capacidades de resposta para tais frequências, como também, possuir a capacidade para separar as frequências próximas ao sinal fundamental, para que a leitura do sinal não fique sobreposta.

Figura 3 – Modelo de onda longitudinal

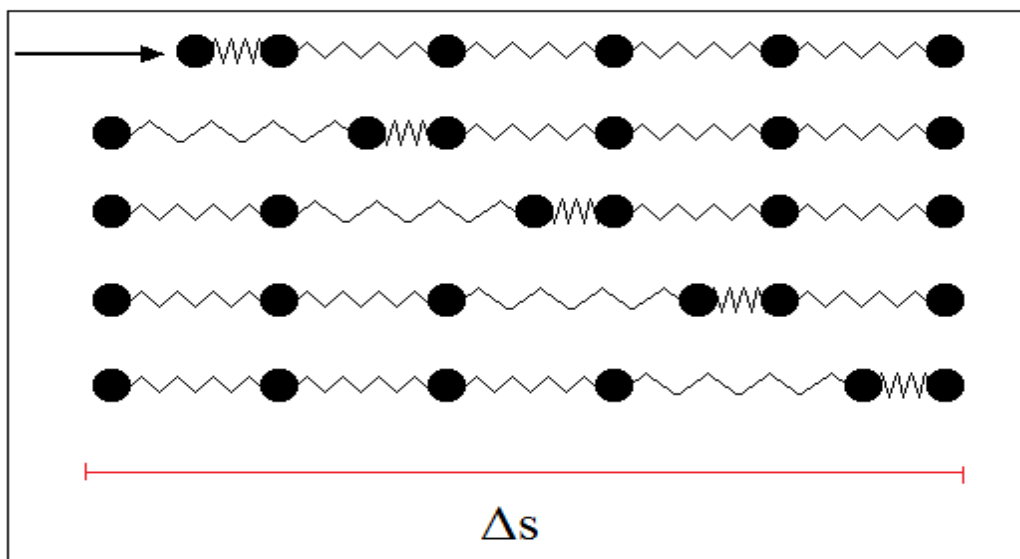
Como a onda ultrassônica é de natureza mecânica, ela precisa de um meio material para se propagar. No estado líquido, o meio material é composto pelas moléculas que o caracterizam, juntamente com qualquer substância dissolvida nele.

Quando o pulso ultrassônico faz vibrar as partículas do líquido, as colisões entre essas moléculas são responsáveis pela propagação da onda na mesma direção da oscilação.

A velocidade de propagação da onda é maior em líquidos com maior densidade devido ao fato de que, sendo a onda mecânica dependente de um meio material para propagar-se, quanto maior o distanciamento entre as partículas, maior será a dificuldade de propagação da onda e menor a sua velocidade, conseqüentemente, o tempo de percurso aumenta com a diluição da concentração.

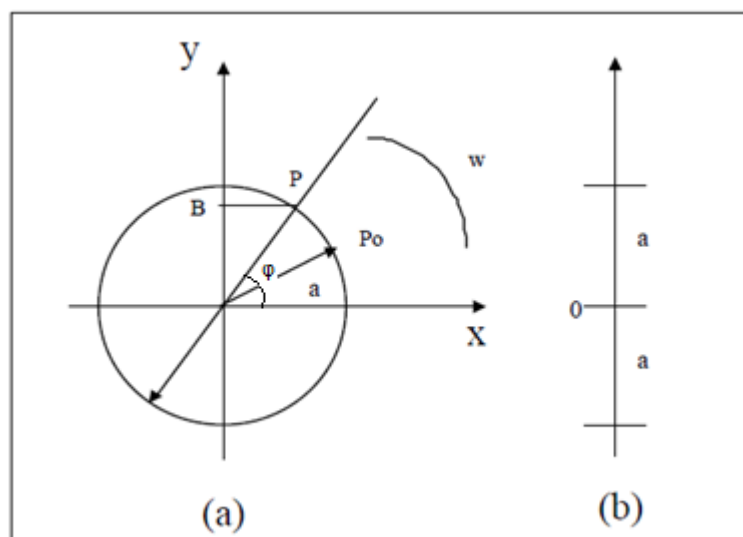
A figura 4 representa as partículas de um líquido sendo excitada pelo pulso ultrassônico.

Figura 4 – representação de propagação do pulso ultrassônico.



Um pêndulo simples representa bem o modelo de uma oscilação elástica de uma partícula de um determinado material. Para melhor entendimento das relações das grandezas referentes à propagação de ondas ultrassônicas é necessário antes descrever a natureza das oscilações de ondas (senoidal), conforme descrevem Gomez (1977) e Paula Leite (1979).

Figura 5 – Movimento harmônico simples



Num círculo de raio “A”, um ponto “P₀” sobre sua circunferência, está sujeito a um movimento com velocidade angular constante “W”, a projeção desse ponto “P₀” sobre o eixo das ordenadas terá trajetória retilínea e se deslocará ao longo deste eixo, conforme deslocamento de “P₀”. A figura 5 (b), mostra esse movimento; o módulo

máximo desta projeção será de valor “A” e será referenciado como a amplitude do movimento. A esse movimento, dá-se o nome de movimento harmônico simples.

O ponto “P₀” para completar o deslocamento de 360°, na órbita circular demanda um tempo “T”, denominado período; esse período “T” é referenciado como tempo gasto pela projeção de “P₀” para completar uma vibração, ou seja, ao fim de cada vibração o ponto “P₀” estará sempre na mesma posição com a mesma velocidade angular e mesma aceleração; o movimento então é dito periódico.

Para se determinar a posição do ponto vibrante num MHS (movimento harmônico simples), basta verificar se a medida de tempo foi iniciada após o ponto “P₀” fazer um ângulo “φ”, com o eixo das abscissas; ao atingir o ponto “P”, o ângulo descrito terá dimensão $wt + \varphi$ (fase). Nesse caso “φ” é denominado como constante de fase do MHS. As equações do MHS podem ser determinadas em função das relações trigonométricas.

Y – alongamento do movimento harmônico simples instantâneo; e

$$y = A \sin(wt + \varphi) \quad 1$$

Onde:

A = máxima amplitude do movimento harmônico simples; e

Wt + φ = fase do movimento harmônico simples.

O tempo gasto para a partícula vibrar é determinado por:

$$T = \frac{2\pi}{w} \quad 2$$

Como o período “T” é medido em segundos, o número de vibrações de uma partícula em um período “T” é definido com a frequência de vibração da partícula e é inverso ao período “T”.

$$f = \frac{1}{T} \quad 3$$

A velocidade de uma partícula

$$v(t) = \frac{dy(t)}{dt} = Aw \cos(\omega t + \varphi) \quad 4$$

Portanto, a velocidade será máxima no ponto de origem $[\omega t + \varphi = 0]$ logo:

$$v_{\max} = Aw = \frac{(2\pi A)}{T} \quad 5$$

Da segunda derivada da equação (1) obtém-se a equação da aceleração da partícula vibrante, ou fazendo a primeira derivada da (4).

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = -Aw^2 \sin(\omega t + \varphi) \quad 6$$

Substituindo (1.1) em (1.6) obtém-se:

$$a(t) = -\omega^2 y(t) \quad 7$$

A equação (7) demonstra que a aceleração de uma partícula vibrante num MHS, é proporcional ao negativo do deslocamento $y(t)$, e as duas grandezas estão relacionadas pelo quadrado da frequência angular. A aceleração será máxima, quando o alongamento $y(t)$ for igual ao módulo (A), Quando o deslocamento está passando pelo maior valor positivo a aceleração possui valor negativo e vice-versa. Quando o deslocamento é nulo, a aceleração também é nula.

Baseado na equação (7), pode-se definir que o movimento harmônico será dito simples se a aceleração for proporcional ao alongamento. Se num meio material elástico constituído de partículas tão pequenas quanto possíveis, imprimir-se o deslocamento de uma dessas partículas com uma amplitude “ Y_1 ”, pela terceira lei de

Newton, uma reação a este movimento é imposta; para promover o deslocamento dessa partícula, uma força “F” é aplicada, então, pela lei de Hook, têm-se:

$$F = ma = -(mw^2)y \quad 8$$

Se a partícula é deslocada para uma posição definida pela posição y_1 , após a remoção brusca da força “F”, a partícula entrará em vibração. Sendo “m” a massa da partícula vibrante, pela segunda lei de Newton, teremos:

$$F = -ky \quad 9$$

Igualando (8) e (9) tem-se

$$k = mw^2 \quad 10$$

$$w = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{Frequência angular} \quad 11$$

Combinando as equações (2) e a (11), podemos escrever, para o período do oscilador:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{Período} \quad 12$$

Todo sistema oscilatório possui uma “elasticidade” e uma “inércia”, onde a equação (11) pode demonstrar claramente essa ideia.

Portanto, sendo a aceleração da partícula proporcional à amplitude, a partícula vibrará em MHS nos meios elásticos, embora outros movimentos possam coexistir nesse meio. Sendo assim, ao excitar uma seção onde um grupo de partículas se encontra, haverá um movimento encadeado de partículas vizinhas provocadas pela perturbação inicial, onde a ocorrência de transferência de energia é dada pela conservação de momento linear.

A velocidade com que as ondas se propagam a partir de um ponto em MHS, até um ponto subsequente, é definida em função do comprimento de onda e do tempo despendido, logo:

$$v = \lambda f$$

A velocidade de propagação de uma onda ultrassônica é influenciada pelo meio onde a onda se propaga. Nos líquidos e gases, onde não existem ligações entre as partículas como nos sólidos, as ondas transversais não podem se propagar, pois as oscilações transversais não transmitiriam a energia da onda às partículas vizinhas, interrompendo a continuidade da propagação da onda, por esse motivo, nos líquidos ou gases são utilizadas ondas longitudinais.

As ondas ultrassônicas são geradas a partir de um aparelho eletrônico, que através de seu circuito de controle e circuito potência excita um cristal piezelétrico, gerando desta forma, ondas mecânicas. As ondas ultrassônicas são emitidas em direção ao material a ser estudado através de um elemento emissor, que vibra de acordo com a frequência ajustada no aparelho. Este emissor pode se apresentar em diversas formas (circular, retangular, angulado). Tanto o elemento emissor e receptor, são denominados transdutores, também designados por cabeçotes, THE ULTRAN GROUP, 2011, Non-Contact Ultrasound, Composites Analysis. Disponível em: <http://www.ultrangroup.com>.

2.3 Configuração experimental

Existem basicamente dois tipos de configurações possíveis para a aplicação da técnica de ultrassom, conforme mostra a figura 6, a configuração pulso-eco e por transmissão.

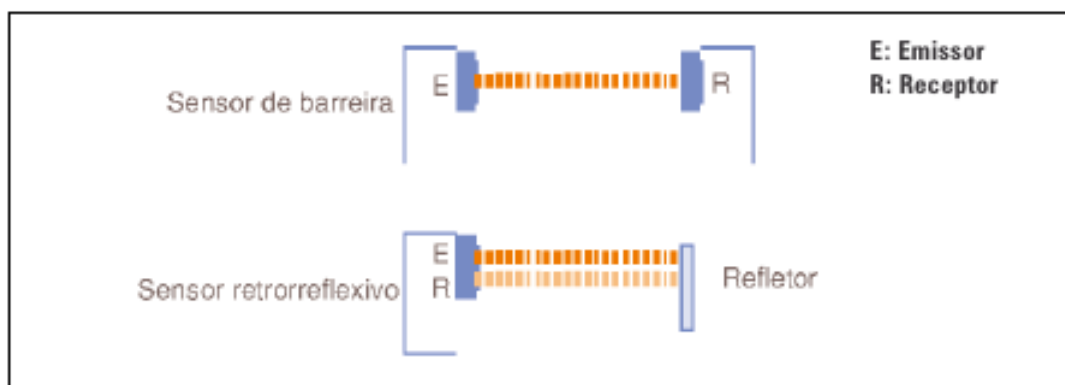
Embora a metodologia por transmissão também pudesse ser utilizada nesse trabalho, foi adotada a configuração de pulso-eco, pela necessidade de aumentar o percurso do pulso ultrassônico.

No método por transmissão, um transdutor atua como emissor (E) de ondas ultrassônicas e o outro, conectado no lado oposto (R), atua como receptor. As ondas são enviadas de (E) se propagando através do meio e são recebidas em (R); No

método pulso-eco, o mesmo transdutor atua como transmissor e como receptor de ondas ultrassônicas. Nesse caso, um pulso elétrico é aplicado ao transdutor (E/R) e esse gera uma onda ultrassônica por meio de cristais piezoelétricos que vibram em frequência ultrassônica, gerando ondas mecânicas nessa mesma faixa de frequência.

A onda ultrassônica propaga-se através do meio e, assim que encontra uma interface entre os meios, parte da onda é refletida e outra absorvida, as ondas refletidas que são captadas pelo transdutor (E/R) trazem informações sobre o meio de propagação. Conhecendo-se as distâncias percorridas pela onda nos meios e medindo-se o tempo decorrido entre a excitação do transdutor e o instante em que as ondas refletidas são captadas, pode-se determinar a velocidade de propagação dessa onda.

Figura 6 – Configurações para ultrassom



Fonte: Mecatrônica Atual; Ano:10 N° 55; Mar / Abr–2012

Uma bancada experimental foi montada para realização do experimento ultrassônico em líquidos, em uma configuração pulso-eco, conforme a foto da figura 7 abaixo, onde um computador é conectado à instrumentação ultrassônica capaz de medir a concentração de ácido bórico através do tempo de percurso da onda ultrassônica.

Figura 7 – configuração experimental

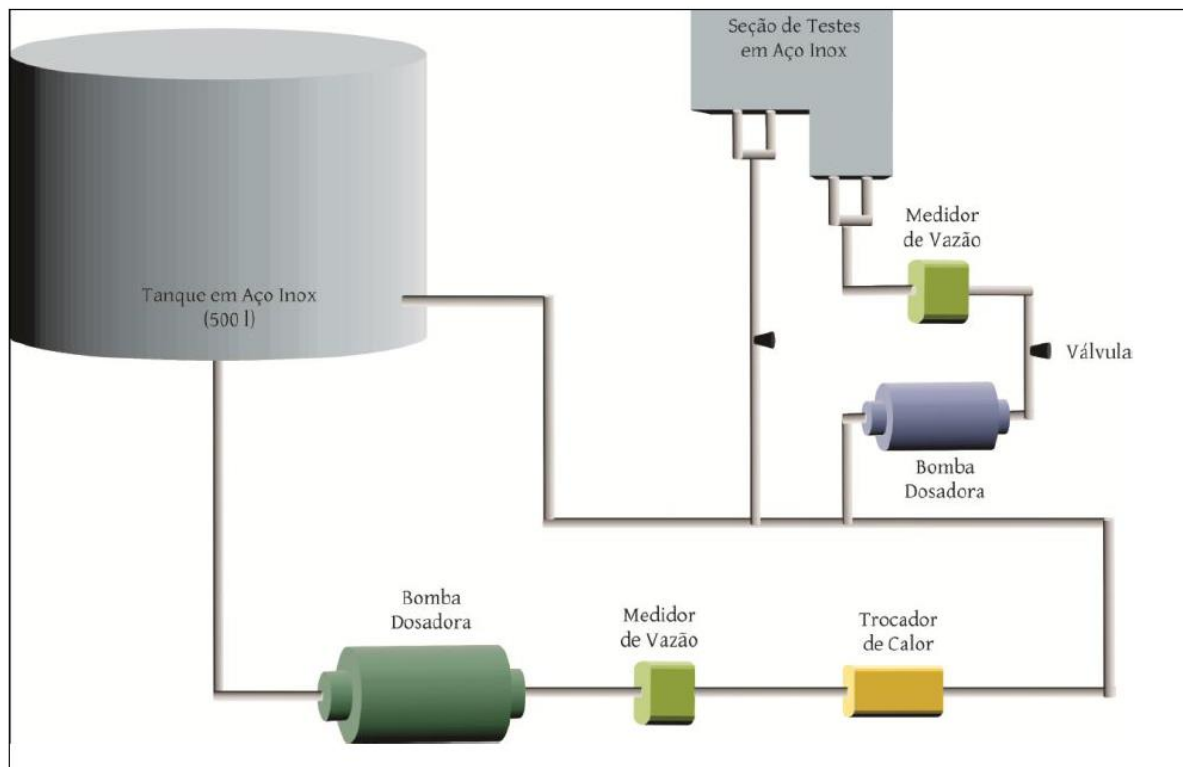


2.4 Análise de concentração de ácido bórico por técnica de ultrassom

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em parceria com o Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE) e Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN-RJ) estão desenvolvendo um projeto que tem como objetivo analisar os transientes de boração e deboração no pressurizador de um reator compacto modular integral (IRIS), para estudar os processos de diluição e homogeneização do boro em uma bancada experimental fabricada em acrílico transparente que foi montada no (CRCN-NE) em tamanho reduzido com a técnica de escala fracional, conforme mostra a figura 8, utilizando-se um corante com propriedades semelhantes à do ácido bórico em uma seção de testes. O pioneirismo na construção experimental do pressurizador do (IRIS) em escala reduzida permitiu a obtenção de valores preliminares da homogeneização do boro. Essa análise será feita posteriormente com ácido bórico e pretende-se fazer a análise de sua concentração com a técnica ultrassônica.

Com essa demanda, tornam-se explícitos os estudos iniciais com a técnica de ultrassom para caracterização da concentração de ácido bórico em meio líquido de forma não invasiva.

Figura 8 – Fluxograma da bancada experimental



Fonte: SILVA, M. A. B. **Determinação dos parâmetros de uma seção de testes para o pressurizador do reator nuclear IRIS**. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares na área de Engenharia de Reatores). Departamento de Energia Nuclear – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – 2008.

3 MATERIAIS E MÉTODOS




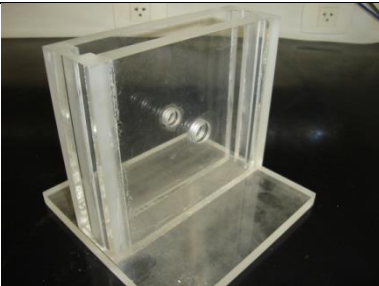

3.1 Materiais Utilizados



Neste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

1. Um computador HP Compaq com processador Intel Core 2 Duo de 3,16MHz e 1,93Gb de memória RAM com sistema Windows Vista.
 2. Um osciloscópio da marca PICOSCOPE, figura 9- A.
 3. Uma fonte geradora de pulsos da marca OLYMPUS 5073 PR emissor receptor, variando de zero até 20MHz com regulação de frequência, figura 9 - B.
 4. Um filtro de tensão com uma entrada para o gerador de pulso, e saídas para o osciloscópio e para o transdutor, figura 9 -C.
 5. Uma caixa de acrílico transparente com medidas de 18 x 14 x 5 cm com parede de 1,3cm e um orifício para dreno na parte inferior de 0,3mm de diâmetro com tampa de silicone, figura 9-D.
 6. Um termômetro digital da marca TEXTO com cabo USB de conexão para o computador e um cabo com termopar para imersão em líquidos, com sensibilidade para medir um décimo de Grau Celsius a cada segundo, podendo configurar o intervalo de tempo para a leitura da temperatura, conforme a necessidade, figura 9 - E.
 7. Transdutores de pulsos longitudinais de imersão e de contato. Os transdutores de imersão foram de 25MHz e o de contato 2,5MHz, conforme a disponibilidade no laboratório, figura 9 - F.
 8. Cabos coaxiais para fazer as conexões entre o transdutor, o filtro de tensão e o osciloscópio.
 9. Um tubo de aço inoxidável com uma de suas extremidades vedada por solda com dimensões de 4,3cm de diâmetro interno e paredes de 3,7mm de espessura, com altura de 20cm, figura 9 - G.
 10. Dois aparelhos de ar condicionado da marca Fujitsu com capacidade de 17000 BTUS cada e temperatura mínima de 18°C no termostato.
 11. Espaçadores padronizados de aço inox da marca Hommel Werke.
- Figura 9 - H
12. Água destilada e soluções de ácido bórico nas concentrações de 100, 400 e 1000 PPM preparadas à temperatura de 25°C com 500 ml cada frasco.
 13. Gel acoplante da marca SONOTECH para acoplamento entre a face do transdutor e a parede metálica do tubo de aço inox.

14. Presilhas tipo lacre de nylon para fixação dos transdutores ao tubo de aço inox
15. Software para leitura dos dados gerados pelo Osciloscópio (PicoScope da Impac) e outro para leitura do termômetro digital (Texto 177-T3).
16. Foi utilizado o método de correlação cruzada para registrar o tempo de percurso da onda.
17. Para construção gráfica e análise estatística dos dados foi utilizado o software Origin Pro 8.

Figura 9 – Materiais utilizados no experimento.

	
A - Osciloscópio	B – Gerador de pulso
	
C – Filtro de tensão	D – Caixa de acrílico
	
E – Termômetro Digital	F – Transdutor de contato (esquerda) e transdutor de imersão (direita)

	
<p>G – Tubo de aço inoxidável</p>	<p>H – Medidores de espaço padronizados</p>

3.2 Metodologia

Neste capítulo serão apresentados todos os processos feitos no laboratório para analisar a viabilidade de medir a concentração de ácido bórico em um líquido estacionário, com os seguintes passos:

- Calibração do equipamento
- Registro do intervalo de tempo nas seguintes condições:
 1. Tempo de percurso da onda ultrassônica em água destilada com variação da temperatura na caixa de acrílico
 2. Tempo de percurso da onda ultrassônica em solução de ácido bórico nas concentrações de 100 PPM, 400 PPM e 1000PPM com diferentes temperaturas na caixa de acrílico.
 3. Tempo de percurso da onda em água destilada e solução de ácido bórico saturada em um tubo de aço inox com variação de temperatura.
 4. Tempo de percurso da onda em solução de ácido bórico a 600ppm e 650ppm em um tubo de aço inox com variação de temperatura.

3.2.1 Calibração do equipamento.

Com a finalidade de escolher o melhor transdutor disponível no laboratório com frequência adequada para medir a velocidade do pulso ultrassônico em água destilada e comparar ao valor dado pela literatura, foi montado o experimento com a configuração conforme mostra o esquema da figura 10 e a foto da figura 11.

Figura 10 – Esquema do sistema ultrassônico.

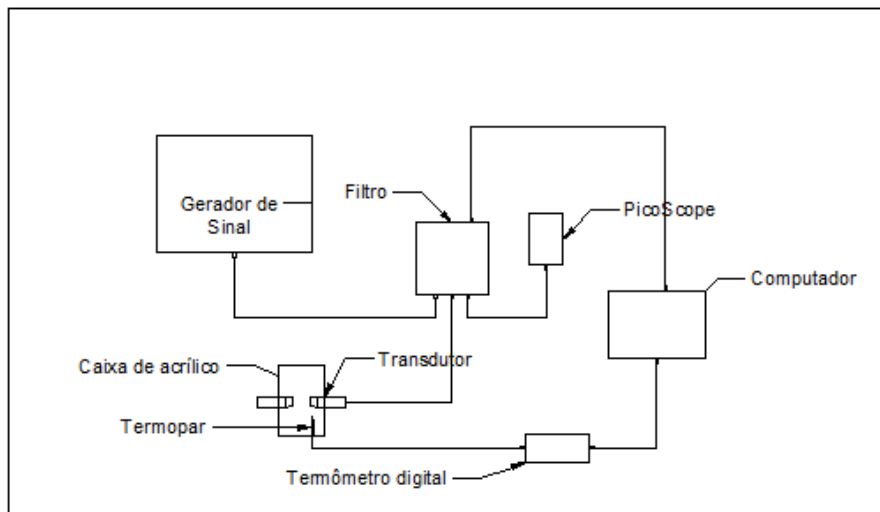


Figura 11 – Foto do experimento ultrassônico montado na bancada



Em uma caixa de acrílico transparente, com dois orifícios centralizados, protegidos com anéis de borracha para evitar vazamentos nas faces laterais, foram inseridos dois transdutores (emissor-receptor) de imersão de 25MHz, um em cada face, voltados para a parte central, com um espaçamento entre eles de 3,5mm, calibrado com espaçadores de aço inoxidável.

O calibrador foi colocado entre os transdutores, comprimido por eles e posteriormente retirado, resultando em uma distância entre as faces dos transdutores na mesma medida do calibrador, conforme as figuras 12 e 13.

Figura 12 – Calibração do espaço entre os transdutores

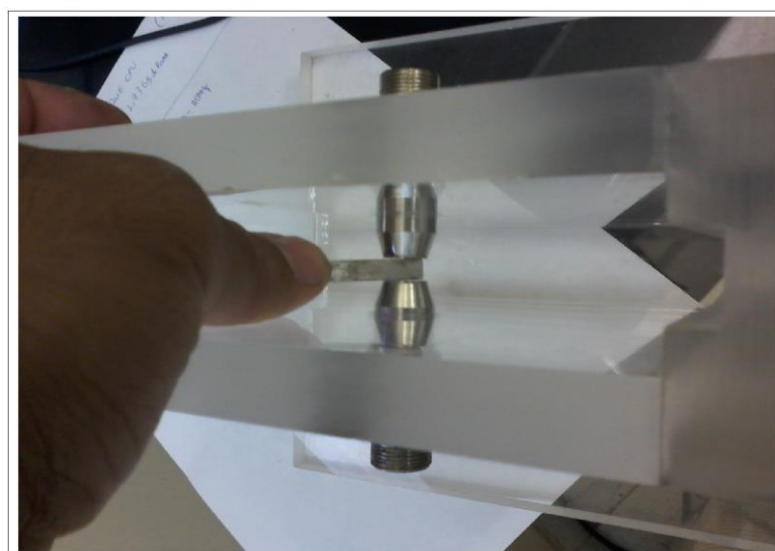
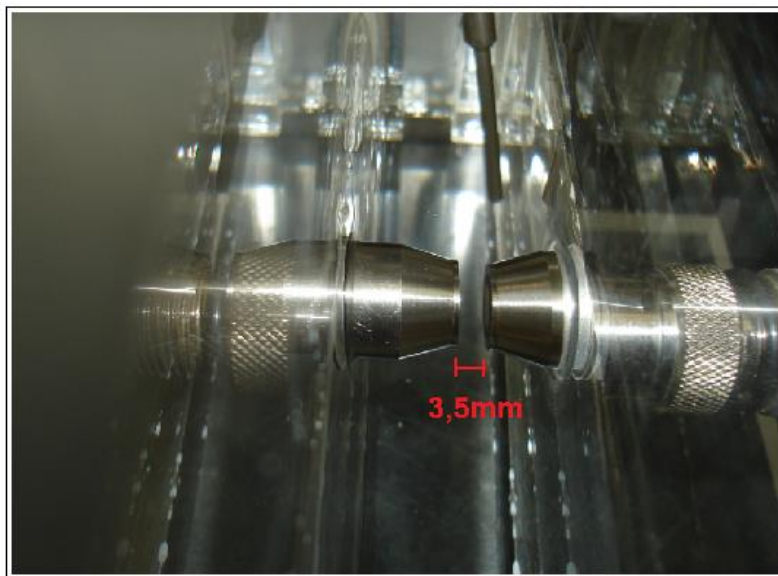


Figura – 13 – espaçamento entre os transdutores após a calibração



Apenas um dos transdutores foi conectado à fonte geradora, com a finalidade de emitir e receber o sinal, caracterizando a configuração pulso-eco, onde o mesmo transdutor emite e recebe o pulso da onda ultrassônica, o outro transdutor serve apenas como refletor de sinal e para vedar o recipiente.

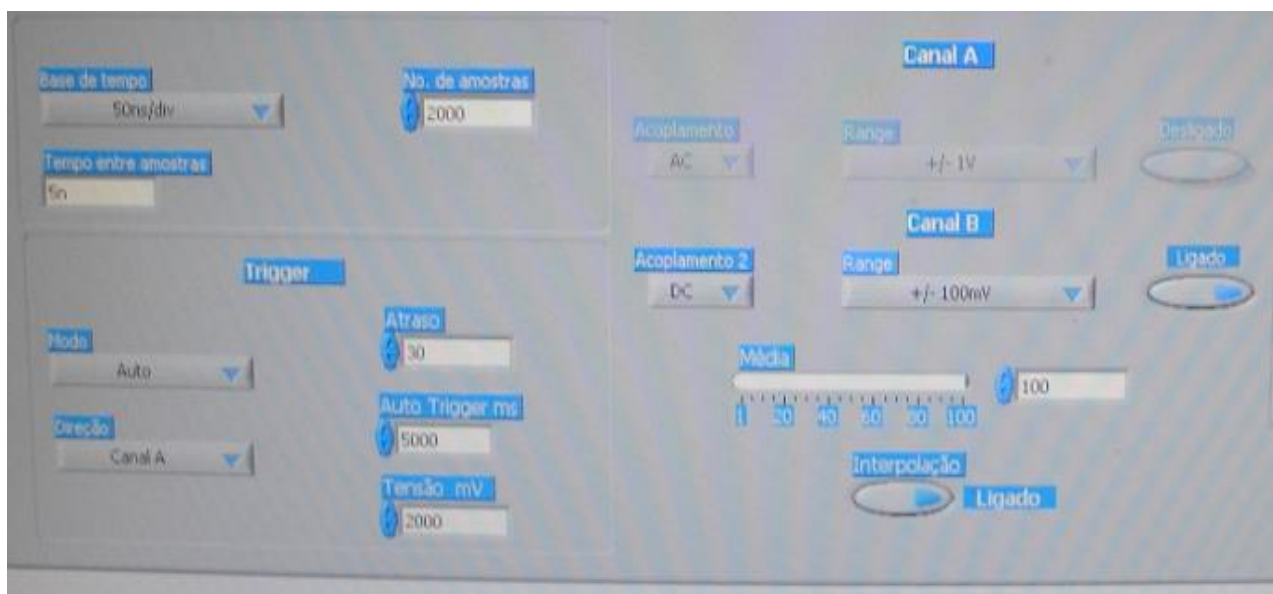
Foram injetados 500 ml de água destilada à caixa de acrílico com a finalidade de permitir a propagação do pulso ultrassônico, registrar o intervalo do tempo do percurso da onda ultrassônica entre os dois transdutores e, conseqüentemente, medir a sua velocidade nesse líquido à temperatura fixa.

O gerador de pulso foi graduado para disparar em uma frequência de 1KHz.

O software responsável pelo processamento dos dados foi calibrado com a seguinte configuração, conforme mostra a figura 14.

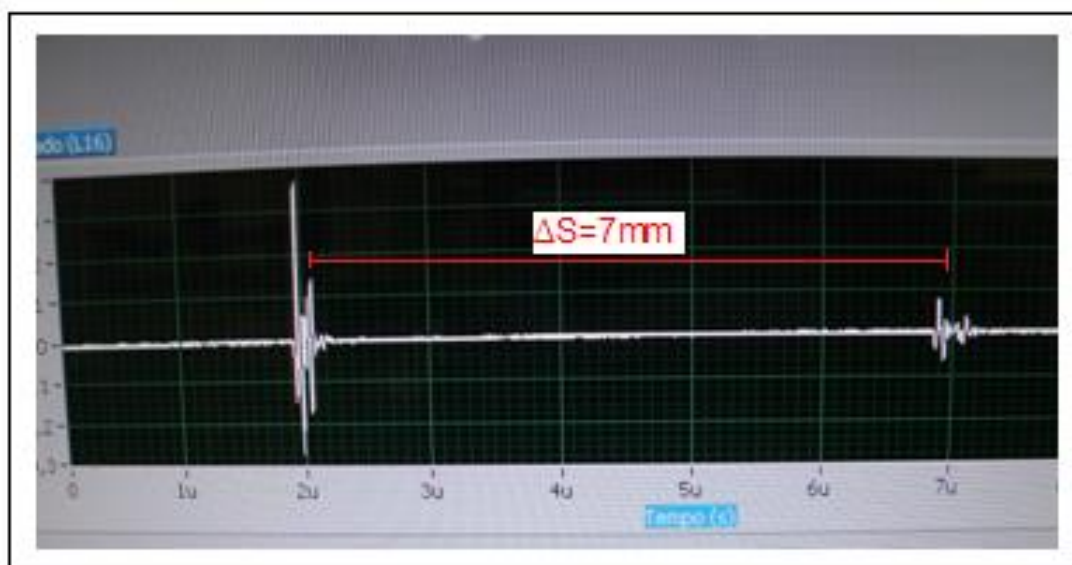
- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| -Base de tempo: 50ns | -Auto trigger: 5000 |
| -Tempo entre amostras 5ns | -Tensão: 2000mV |
| -Número de amostras: 2000 | -Canal B: ligado |
| -Modo: automático | -Acoplamento: DC |
| -Direção: A | -Range: +/-100mV |
| -Atraso: 30ms | -Interpolação: ligado |

Figura 14 – configuração do software



Ao ligar os equipamentos e disparar o “pulso”, o gerador envia o sinal para o filtro de tensão que o distribui para o transdutor e para o osciloscópio, no transdutor, após o sinal fazer o percurso de ida, refletir na face do transdutor refletor e voltar de encontro ao cabeçote do transdutor emissor/receptor, ele é reenviado para o osciloscópio “eco”, que encaminha o sinal para ser processado no computador. O sinal é interpretado pelo programa que registra a imagem pulso-eco com uma pequena atenuação no eco devido à dissipação de energia durante o percurso. O trajeto percorrido pelo pulso da onda ultrassônica (ida e volta) foi de 7 mm, conforme mostra a figura 15.

Figura 15 – Distância percorrida pelo pulso ultrassônico



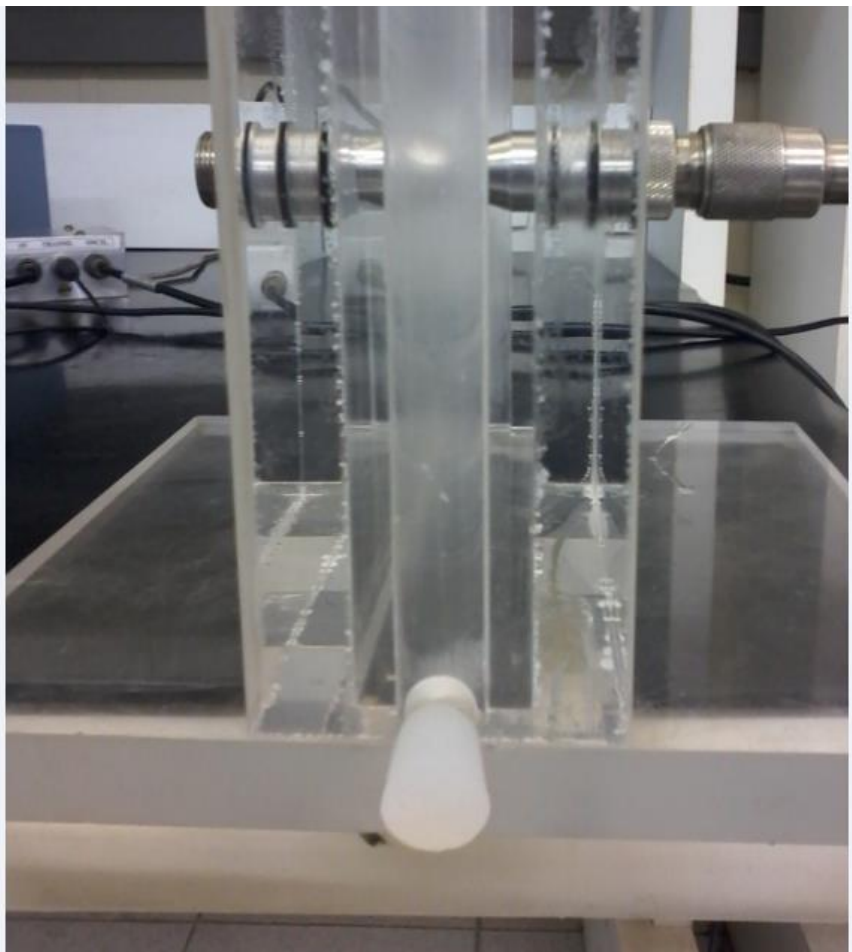
O processo de captura do sinal foi repetido 30 vezes para obter uma média que caracterizasse a velocidade da onda ultrassônica em água destilada. A temperatura foi fixada para descartar a sua influência no intervalo do tempo de percurso da onda.

Nas condições do laboratório, onde foi realizada a experiência, a temperatura foi regulada com o auxílio de dois aparelhos de ar condicionados que, ao serem ligados à temperatura de 20 °C, esperava-se cerca de três horas para conseguir o equilíbrio térmico entre a temperatura do ambiente com a temperatura do líquido, que foram conferidas com um termômetro digital conectado a um termopar que foi inserido no líquido.

Durante as 30 tomadas de tempo, a temperatura da água ficou fixa em $20,8 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. A média das medidas do intervalo de tempo foi utilizada para calcular a velocidade do pulso ultrassônico e verificar se o valor obtido estava de acordo com o valor encontrado na literatura. Após esse procedimento, a água destilada foi drenada por um orifício na parte inferior da caixa de acrílico sem qualquer interferência de manipulação entre os cabos e os cabeçotes dos transdutores, apenas retirando a tampa do orifício e deixando a água vaziar para outro recipiente, devido ao caimento lateral promovido pela bancada em torno de 10°C de angulação, colocado logo abaixo da caixa de acrílico conforme a figura 16. Posteriormente, a tampa do orifício foi recolocada e foi injetada uma solução de ácido bórico saturada, produzida à temperatura de 25°C , para fazer o mesmo procedimento, com a mesma temperatura $20,8 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ e medir o intervalo de tempo médio do deslocamento entre os

transdutores em novas 30 medidas, para comparar com o valor da água destilada. Nesse novo procedimento as configurações de todo o experimento permaneceram as mesmas.

Figura 16 – Orifício na parte inferior para permitir a drenagem do líquido.



3.2.2 Tempo de percurso com variação de temperatura na caixa de acrílico

De acordo com (Povey,1977), a influência da temperatura no tempo de percurso da onda ultrassônica é significativa quando comparada a outras variáveis como pressão e concentração de soluto, por exemplo.

Neste procedimento a configuração foi realizada conforme o experimento anterior, porém, para conhecer a influência da temperatura no tempo de percurso da

onda ultrassônica, variou-se a temperatura do líquido com o auxílio dos aparelhos de ar condicionados do laboratório.

Durante as manhãs, ao entrar no laboratório, media-se a temperatura do ambiente, bem como a da água destilada, respectivamente, com um termômetro digital e um termopar inserido no líquido, que registravam temperaturas bem próximas ao equilíbrio térmico, com média de 26°C durante a semana desse procedimento. Cerca de 30 minutos após ligar o computador, os equipamentos e o aparelho de ar condicionado, iniciava-se o experimento registrando os intervalos de tempo de percurso da onda ultrassônica e a variação da temperatura em planilhas de Excel.

Os valores de tempo eram mostrados no computador pelo software desenvolvido pelo Serviço de Instrumentação do IEN, com a mesma configuração feita no item anterior.

A temperatura era mostrada em um software do termômetro digital TEXTO no momento da captura do sinal, atualizado a cada intervalo de 5 segundos. Durante a queda de temperatura da água destilada foram feitos cerca de 6 a 10 tomadas de tempo do sinal ultrassônico para cada décimo de grau. Esse procedimento foi feito até 22°C, onde foi possível baixar a temperatura do líquido, após esse procedimento, o aparelho de ar condicionado era desligado e o processo inverso era executado, agora, com o aumento gradual da temperatura.

O procedimento citado foi executado com o intuito de avaliar a influência da variação da temperatura no tempo de percurso da onda ultrassônica tanto na queda quanto na elevação da temperatura.

3.2.3 Tempo de percurso da onda em soluções de ácido-bórico com diferentes concentrações e temperatura fixa.

Nesse procedimento foram usadas soluções de ácido bórico com diferentes concentrações e água destilada, com a finalidade de estudar a linearidade da curva de concentração do ácido bórico em solução versus tempo de percurso.

As concentrações utilizadas nessa experiência foram escolhidas com a intenção de conhecer se a técnica conseguiria identificar diferenças de tempo de percurso entre as diferentes concentrações da solução de ácido bórico, sugeridas pela equipe da Faculdade Federal de Pernambuco.

Em todos os líquidos descritos neste item, foi empregada a mesma metodologia ultrassônica, mantendo-se a temperatura do líquido fixa em $23,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ com a finalidade de isolar a sua influência no tempo de percurso do pulso ultrassônico. O espaçamento entre os transdutores foi aumentado para 2,0cm com a finalidade de conseguir melhorar a leitura para todas as concentrações, uma vez que não foi possível diferenciar as medidas de 100ppm e a água destilada para o distanciamento anterior entre os transdutores.

Inicialmente injetou-se água destilada na caixa de acrílico e foram registradas 30 medidas do tempo de percurso na configuração pulso – eco em temperatura fixa de $23,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, em seguida, a água destilada foi drenada por um orifício na parte inferior da caixa de acrílico, conforme mostra a figura 16, sem a interferência nos cabos e na distância entre os transdutores. Após o recipiente estar vazio, injetou-se solução de ácido bórico de 100PPM, produzida a temperatura de 25°C e outras 30 medidas do tempo de percurso foram realizadas construindo outra tabela. Para trocar as soluções de ácido bórico, após drenadas, lavava-se o recipiente com água destilada, para que não houvesse mistura das soluções ou resíduos nas paredes do recipiente.

A caixa de acrílico foi colocada inicialmente em posição inclinada aproveitando a declividade da bancada, para que a água pudesse escorrer pelo dreno naturalmente, posteriormente injetou-se solução de ácido bórico de 400PPM produzida à 25°C , com 30 novos registros de tempo. O mesmo procedimento foi aplicado para solução de 1000PPM produzida à 25°C , com mais 30 registros.

Esse procedimento foi realizado para saber se o equipamento seria sensível o suficiente para distinguir a diferença dos tempos de percurso do pulso ultrassônico para soluções de diferentes concentrações submetidas às mesmas condições de temperatura e verificar se há linearidade com a curva de concentração.

3.2.4 Tempo de percurso em água destilada e solução de ácido-bórico saturada em um tubo de aço inoxidável com líquido estacionário e variando a temperatura

Como o trabalho em questão foi sugerido pela necessidade de medir a concentração de ácido bórico em um reator nuclear com um método que tenha a menor interferência possível, utilizando um procedimento não invasivo, houve a necessidade de estudar a técnica quando aplicada externamente às paredes de metal, representadas por um tubo de aço inoxidável ou paredes de um reservatório.

Nos itens anteriores, o cabeçote do transdutor ficava em contato com o líquido, o que não funcionaria no circuito primário de um reator nuclear, dessa forma, houve a necessidade de fazer os testes através de uma chapa de metal para obter dados mais próximos da realidade. Foi utilizado um tubo de aço inoxidável simulando a tubulação do circuito primário de um reator nuclear, ainda que em regime estacionário e com pequena variação de temperatura e pressão constante.

Nesse novo procedimento, os transdutores de imersão foram substituídos por transdutores longitudinais de contato com 2,5MHz

O experimento foi realizado em um cilindro de aço inoxidável com diâmetro interno de 86,6 mm e paredes de 3,7mm por pulso-eco, inicialmente com água destilada e posteriormente com solução de ácido bórico saturada preparada à 25°C, conforme mostra a figura 17.

Figura 17– Configuração experimental com tubo de aço inoxidável



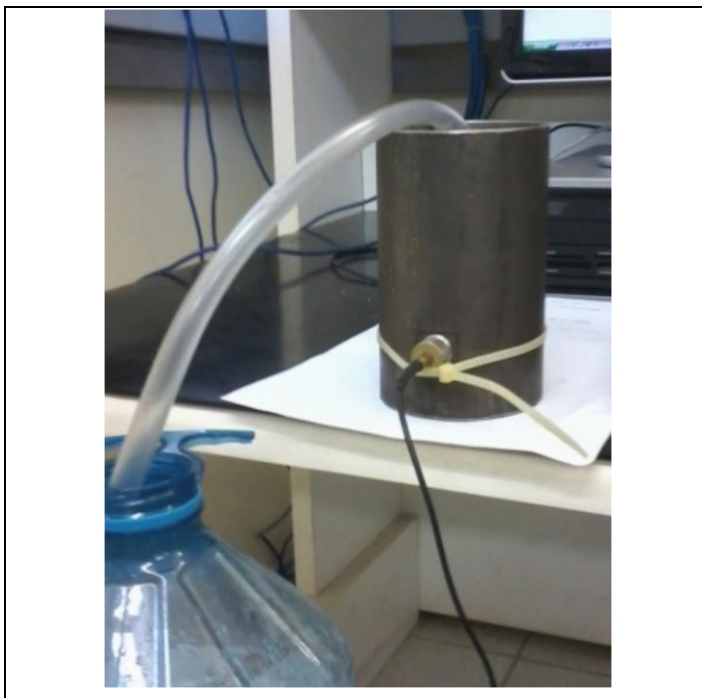
O tubo foi marcado com tinta na parte externa para sinalizar o local exato onde o transdutor foi fixado com fitas reguláveis de nylon. Nesse ponto, entre o transdutor e a superfície de metal do tubo de aço inoxidável era aplicado o material acoplante.

Após injetar água destilada e ligar os aparelhos de ar condicionado, iniciou-se o experimento, registrando os intervalos de tempo de percurso da onda ultrassônica juntamente com a variação da temperatura.

Durante a queda de temperatura da água destilada foram feitos cerca de 6 à 10 tomadas de tempo do sinal ultrassônico para cada décimo de grau, antes da mudança de temperatura e esse procedimento foi repetido entre 26 e 22°C, onde foi possível baixar a temperatura do líquido, após esse procedimento foi feita a troca da água destilada pela solução de ácido bórico saturada, por sucção, introduzindo-se uma mangueira no líquido para drenar a água do interior do tubo, o que permitiu a troca dos líquidos sem qualquer interferência de manipulação no tubo e nos cabos do transdutor, conforme mostra a figura 18.

Após a troca dos líquidos o aparelho de ar condicionado era desligado e o processo inverso era executado, agora, com o aumento gradual da temperatura e o mesmo processo foi realizado com a solução de ácido bórico, registrando o tempo de percurso da onda para os mesmos intervalos de temperatura.

Figura 18 – Retirada da água destilada do tubo de aço inoxidável



3.2.5 Tempo de percurso com variação de temperatura para concentrações de 600ppm e 650 ppm.

Esse procedimento é uma variante do item anterior, a única diferença aplicada foi a substituição dos líquidos, no lugar da água destilada e solução saturada de ácido bórico foram utilizadas soluções nas concentrações de 600 e 650 PPM. Esse estudo foi realizado com a finalidade de conhecer os limites de caracterização das concentrações pelo método ultrassônico com os equipamentos disponíveis no laboratório de ultrassom e analisar a sensibilidade para esse processo.

Conforme a metodologia utilizada no item 3.2.4, as soluções foram estudadas com os mesmos intervalos de temperatura. Inicialmente com a solução de 600PPM e na sequência a solução de 650PPM. Em todos os procedimentos feitos com diferentes concentrações, foi adotado o critério de iniciar o experimento pela solução de menor concentração, para que não houvesse contaminação das soluções subsequentes em virtude de possíveis resíduos que pudessem permanecer no recipiente.

4 Resultados e Discussões

Nesta seção serão apresentados os resultados experimentais descritos na seção 3 juntamente com as respectivas discussões.

4.1 Calibração do equipamento

Esse procedimento foi realizado para verificar a velocidade do pulso ultrassônico na configuração apresentada na seção 3.2.1 e compará-lo ao valor dado pela literatura, para averiguar se todos os equipamentos do sistema estavam funcionando, conforme a previsão do método e se os resultados apresentados foram satisfatórios para essa comprovação.

A medida da velocidade do pulso ultrassônico foi realizada conforme a equação horária de movimento retilíneo e uniforme conforme a descrição:

$$S = S_0 + Vt \quad 14$$

- Onde Δs é a distância percorrida pelo pulso ultrassônico (ida e volta) entre os transdutores:

$$\Delta s = 7 \times 10^{-3} \text{m}. \quad 15$$

- O valor de t é a média dos valores registrados nas 30 tomadas de tempo durante o percurso de cada disparo do sinal, com valor médio de:

$$\Delta t = 5,0124 \times 10^{-6} \text{s}. \quad 16$$

Sendo assim, conseguiu-se uma velocidade de:

$$\bar{v} = \frac{7 \times 10^{-3}}{5,0124 \times 10^{-6}} = 1,3966 \times 10^3 \text{ m/s} \quad 17$$

A temperatura média do líquido durante todo o procedimento ficou em $\theta = 20,8 \pm 0,1^\circ\text{C}$, atualizada a cada 5s, pelo termopar inserido no líquido.

O valor para velocidade da onda ultrassônica na água destilada a uma temperatura de 20°C encontrada na literatura foi de $v = 1,483 \times 10^3 \text{ m/s}$. (Gómez e Krautkramer, 1990).

Tabela 1 – Comparação entre o valor experimental e o valor dado pela literatura

Água destilada	Velocidade [m/s]	Temperatura [$^\circ\text{C}$]	Desvio Padrão
Experimental	$V_1 = 1,3966 \times 10^3$	$20,8 \pm 0,1$	$1,2396 \times 10^{-9}$
Tabelado	$V_2 = 1,4830 \times 10^3$	$20,0 \pm 0,1$	

Note que houve uma diferença entre as velocidades de

$$V_2 - V_1 = 0,864 \times 10^2 \text{ m/s}$$

18

Durante a calibração do espaçamento entre os transdutores, ao retirar o calibrador de metal entre as faces dos transdutores para conseguir a medida de 3,5 mm, foi observado que, houve pequena movimentação dos transdutores no sentido de afastamento de cerca de $\Delta x = 0,1 \text{ mm}$ após aliviar a compressão entre os transdutores, o que permitiu uma pequena variação no espaçamento entre os mesmos. Pelo fato dos anéis de vedação dos orifícios onde ficam os transdutores serem de borracha, material flexível e elástico, ao pressionar os transdutores comprimindo o calibrador e soltá-los, um pequeno retorno foi observado, aumentando o espaçamento entre os transdutores e, conseqüentemente, aumentando o tempo de percurso do pulso ultrassônico, uma vez que a velocidade é constante, soma-se a isso a pequena diferença de $0,8^\circ\text{C}$ na temperatura do líquido, ocasionando a diferença entre as velocidades.

Nesse procedimento, observou-se que o equipamento estava registrando o tempo de percurso do pulso ultrassônico, com alguma defasagem e mesmo que a diferença de velocidade seja significativa, a discrepância pode ser corrigida, uma vez que o distanciamento entre os transdutores aumentou. Após uma análise completa, pode-se concluir que a medida está bem próxima a do valor tabelado, se introduzirmos as variações das medidas com as devidas correções.

Se cada transdutor se moveu com 0,1mm, o total entre faces dos transdutores foi de 0,2mm, medida conseguida com um paquímetro durante a compressão e após o relaxamento. Dessa forma, teria que se adicionar ao percurso de ida e volta uma distância de 0,4mm, já que na configuração pulso-eco, o caminho percorrido pelo pulso ultrassônico é duas vezes a distância entre os transdutores, o que resultaria em:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{7,4 \times 10^{-3}}{5,0124 \times 10^{-6}} = 1,4763 \times 10^3 \text{ m/s} \quad 19$$

O novo valor encontrado, após a correção do deslocamento nos transdutores, possui boa aproximação, quando comparado ao valor da literatura que está representado na tabela 2.

Tabela 2 – Comparação entre o valor experimental e o valor dado pela literatura

Água destilada	Velocidade [m/s]	Temperatura [°C]	Desvio padrão
Experimental	$1,4763 \times 10^3$	$20,8 \pm 0,1$	4,737
Tabelado	$1,4830 \times 10^3$	$20,0 \pm 0,1$	

Repare que nesse procedimento de calibração, para efeitos de comparação, foi utilizada a velocidade do pulso e não o tempo de percurso, devido ao fato de encontrar, na literatura, o valor de referência da velocidade de propagação do pulso ultrassônico em água destilada e não o tempo de percurso. Os demais experimentos foram baseados no tempo de percurso do pulso ultrassônico, pois a vantagem de trabalhar com os valores de tempo para caracterizar líquidos e não da velocidade é que não é necessário conhecer a distância entre os transdutores, apenas a diferença entre os tempos de percurso, uma vez que se está comparando a diferença de concentrações caracterizada pelo tempo de percurso. Se não houver interferência na movimentação dos transdutores no momento da troca dos líquidos, o valor de ΔS também não modificará e as diferenças de tempo serão os parâmetros para caracterização de cada concentração das diferentes soluções de ácido bórico, diminuindo a propagação de erros nas medidas de distância percorrida, uma vez que

qualquer variação de distância implicará em significativa variação na medida do intervalo de tempo.

4.1.1 Ácido Bórico

Como o mesmo procedimento foi adotado para solução de ácido bórico (H_3BO_3) saturada, pode-se considerar apenas a relação entre a diferença de tempo ou de velocidade entre os dois líquidos, devido ao fato de as distâncias entre os transdutores não terem sido alteradas na troca dos líquidos. Ressalta-se que apenas a diferença entre os tempos de percurso é necessária para determinar se é possível caracterizar o líquido pelo método ultrassônico, desde que não haja nenhuma alteração da configuração do experimento, bem como as condições de temperatura e pressão que os líquidos estiverem submetidos.

A solução de ácido bórico saturada, produzida à temperatura de 25°C , foi submetida ao mesmo procedimento, nas mesmas condições que a água destilada e com a mesma temperatura de $20,8 \pm 0,1^\circ\text{C}$, conseguindo-se o tempo de percurso de:

$$\Delta t = 4,9683 \times 10^{-6} \text{ s} \quad 20$$

Ao comparar os valores entre a água destilada e a solução saturada de ácido bórico obteve-se os resultados que estão descritos na tabela 5

Tabela 3 – comparação entre os valores de tempo e velocidade dos líquidos

	Tempo de percurso médio	Desvio Padrão
Água destilada	$5,0124 \times 10^{-6} \text{ s}$	$1,2396 \times 10^{-9}$
Sol. Ácido Bórico Sat.	$4,9683 \times 10^{-6} \text{ s}$	$3,3506 \times 10^{-10}$

Nota-se que a diferença entre os tempos de percurso vistos na tabela 5 são valores muito próximos, porém, não havendo modificação das condições de medidas, esses valores são bem caracterizados, conforme mostra o desvio padrão.

Devido à velocidade de propagação do pulso ultrassônico na água ser alta em relação à distância percorrida, qualquer diferença na distância poderá ocasionar uma

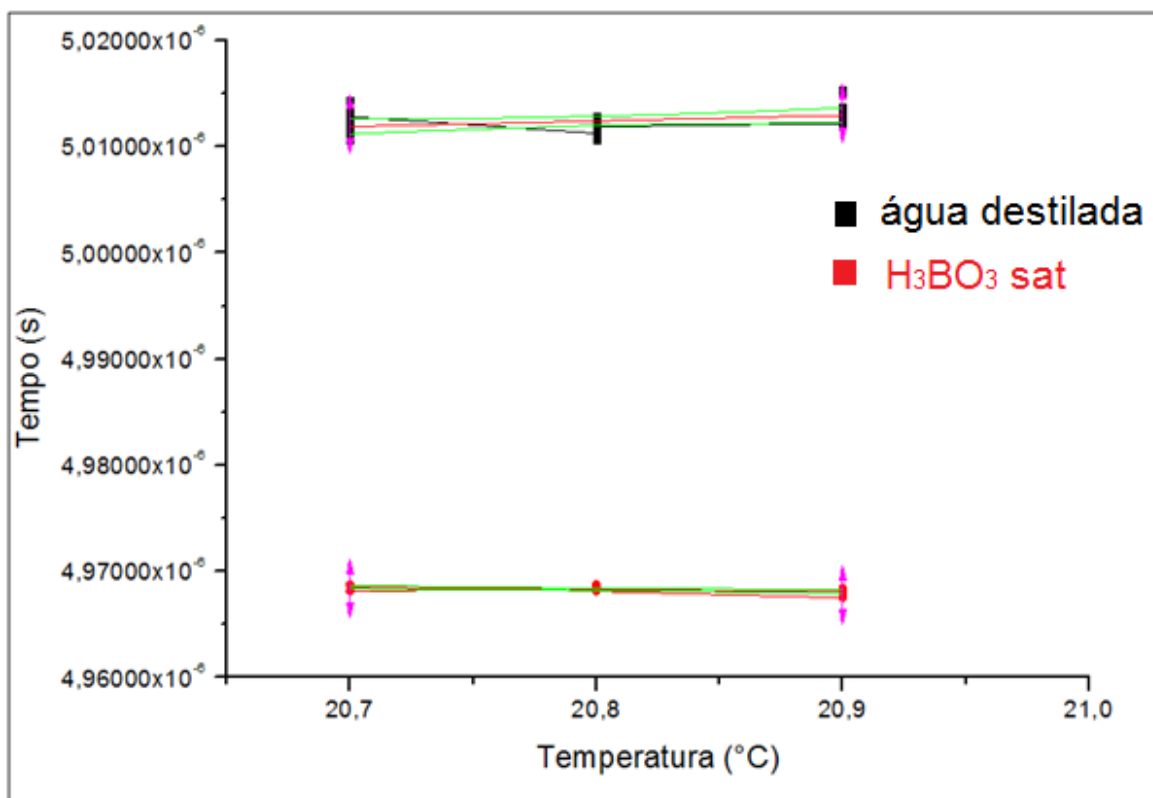
grande variação no tempo de percurso e, conseqüentemente, na velocidade, conforme foi visto na tabela 4, resultados da experiência.

Aumentando-se a distância entre os transdutores, o tempo de percurso aumentará significativamente, bem como as diferenças entre os tempos de percurso entre os dois líquidos, evidenciando as diferenças entre esses tempos e, conseqüentemente, aumentando a sensibilidade de caracterização do líquido.

É possível visualizar no gráfico da figura 19 que os líquidos apresentam considerável caracterização, com verificação estatística bem determinada que se pode observar na tabela de dados do apêndice I

Objetivando a calibração do equipamento, os dados obtidos indicam que os valores de tempo registrados para os dois líquidos estão de acordo com as equações de movimento de propagação de ondas. Aumentando-se a densidade do líquido (solução saturada), o tempo de percurso diminui, devido à proximidade das moléculas, conforme tabela 5.

Figura 19 – Gráfico da curva de concentração de tempo VS temperatura constante



Os resultados obtidos no gráfico da figura 19 e as análises estatísticas feitas pelo software Origin Pro, mostram que o intervalo de confiança em 95% para os dois líquidos, apresentam retas bem caracterizadas e distintas com a linearização.

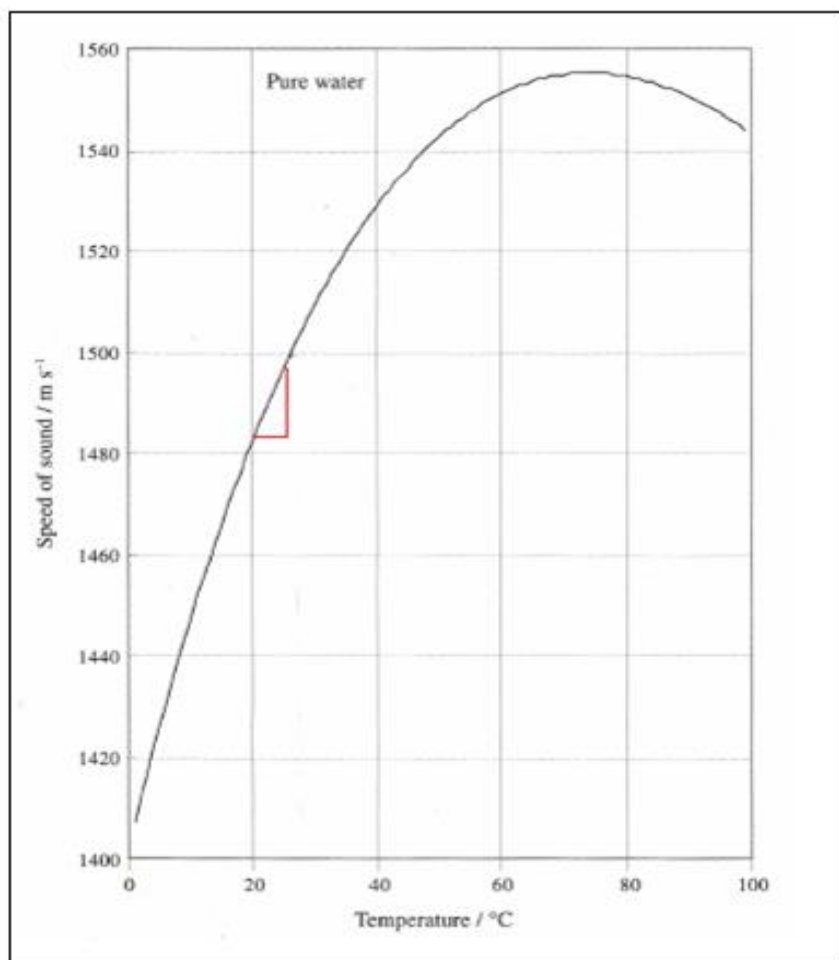
Isto quer dizer que, para esses dois líquidos, água destilada e solução de ácido bórico saturada, ambas à mesma temperatura, podem ser diferenciadas e caracterizadas pela técnica de ultrassom.

4.2 Tempo de percurso da onda ultrassônica com variação de temperatura em água destilada.

A influência da temperatura no tempo de percurso da onda ultrassônica em meio líquido é significativa. Para grandes variações de temperatura, pressão e concentrações de soluto em meio líquido, as propriedades químicas e físicas dos elementos constituintes do líquido podem variar significativamente, podendo haver mudanças químicas e físicas e, conseqüentemente, alterando o tempo de percurso da onda ultrassônica no líquido. Por exemplo, estudos feitos por Povey (1977),

mostram que para grandes variações de temperatura, a velocidade do pulso ultrassônico não se apresenta de forma linear na água destilada conforme mostra o gráfico da figura 20 relacionando velocidade de propagação do pulso ultrassônico em água destilada quando há variação de temperatura.

Figura 20 – Gráfico da velocidade VS temperatura em água destilada



Fonte: Ultrasonic Techniques For Fluids Characterization Academic Press. United Kingdom, 1997.

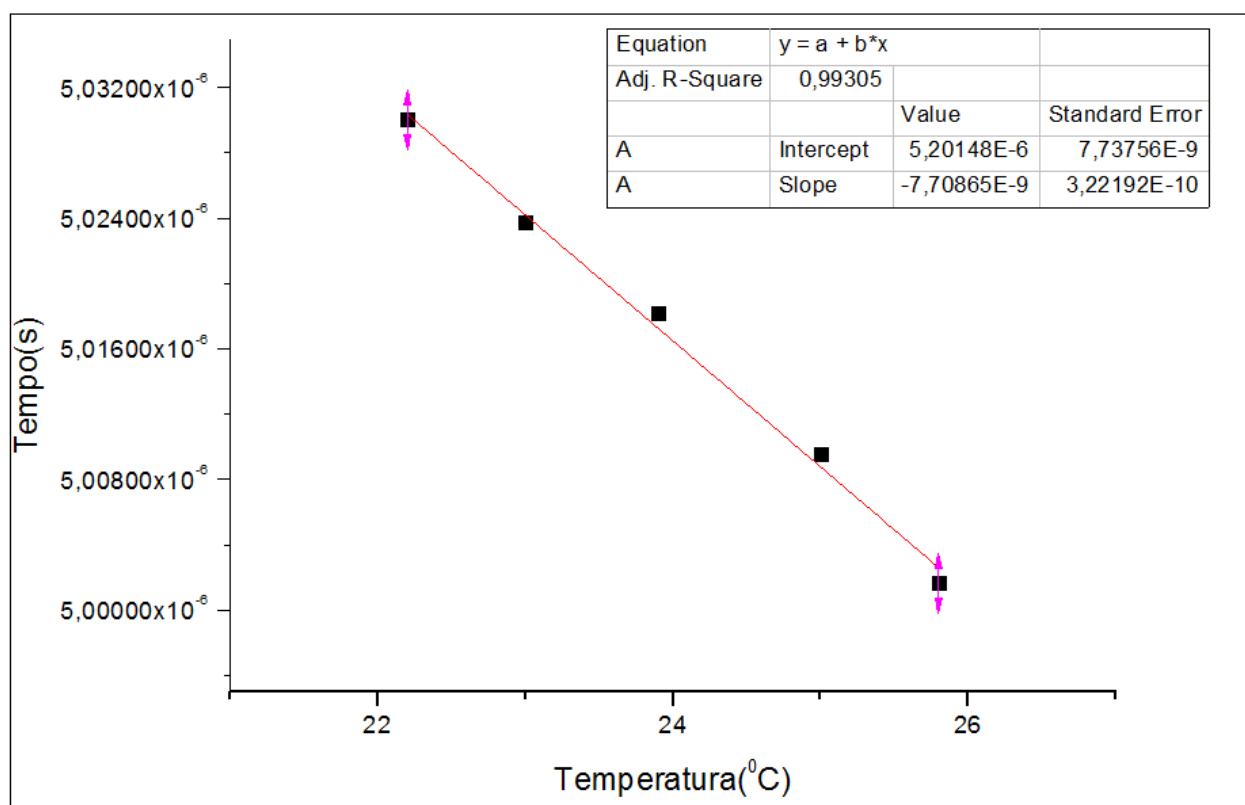
Como se pode observar no gráfico da figura 20, a função descreve uma parábola de coeficiente angular negativo e vértice em torno de 74°C, porém, para uma pequena variação de temperatura, podemos considerar o trecho como uma reta Povey (1977).

Nesse procedimento a configuração foi realizada conforme a da primeira fase pulso-eco, porém, em vez de fixar a temperatura, o procedimento foi realizado com variação de temperatura em torno de $3,5^{\circ}\text{C}$, devido à dificuldade de conseguir variações de temperatura superiores a esse intervalo no laboratório, o que permite considerar a velocidade linear para esse intervalo de temperatura como destacado na figura 20.

Este experimento foi realizado para estudar a interferência da variação de temperatura no tempo de percurso do pulso ultrassônico, tanto no aumento gradual quanto na diminuição do valor da temperatura.

Com a média dos valores do tempo de percurso da onda ultrassônica na água destilada para cada décimo de grau de temperatura, foi construído o gráfico da figura 21 abaixo, que mostra o tempo de percurso da onda com variação de temperatura.

Figura 21 – Gráfico do tempo x temperatura para água destilada



Pelo gráfico da figura 21 acima, pode-se perceber que quanto maior o valor da temperatura menor será o intervalo de tempo percorrido pela onda e, consequentemente, maior o valor da velocidade.

A influência da temperatura no tempo de percurso da onda ultrassônica pode ser calculada ao considerar, nesse pequeno intervalo de temperatura, que a função é linear, descrevendo uma reta e com as médias dos dados obtidos conforme a tabela 6

Tabela 4 – Valores médios de tempo e temperatura

Tempo médio s	Temperatura média °C
$5,03002 \times 10^{-6}$	22,2
$5,02377 \times 10^{-6}$	23
$5,01816 \times 10^{-6}$	23,9
$5,00955 \times 10^{-6}$	25
$5,00165 \times 10^{-6}$	25,8
$5,00956 \times 10^{-6}$	25
$5,01816 \times 10^{-6}$	23,8
$5,02376 \times 10^{-6}$	23
$5,03001 \times 10^{-6}$	22,1

A tabela 6 foi construída com valores de acréscimo e decréscimo de temperatura, com as respectivas medidas de tempo.

Os valores da tabela 6 sugerem, por simples proporção que para cada variação de 1°C, ocorre uma variação de tempo de aproximadamente 7,7ns conforme os cálculos abaixo:

$$\begin{array}{l} \Delta \theta \rightarrow \Delta t \\ 1^{\circ} C \rightarrow t \end{array} \quad 21$$

$$t = \frac{27,7 \times 10^{-9} \times 1^{\circ} C}{3,6^{\circ} C} \cong 7,7 ns \quad 22$$

Para uma distância entre os transdutores de 3,5mm com uma variação de temperatura de 3,6°C e uma variação entre o tempo de percurso nos dois extremos de temperatura obteve-se uma variação de tempo de 7,7ns por cada °C.

Voltando ao item 4.1, onde foi observada uma diferença de 0,8°C no valor experimental com o valor tabelado na literatura, desse modo, pode-se diagnosticar a

diferença do tempo de percurso para essa variação, fazendo a correta leitura e comparação entre o valor tabelado e o valor experimental.

Ao considerar um trecho gráfico linear na figura 20, pode-se encontrar por simples proporção a influência de 0,8 °C de variação de temperatura no tempo de percurso do pulso ultrassônico.

Observando o gráfico 23, nota-se que ao aumentar a temperatura, o tempo de percurso do pulso diminui, dessa forma, como a temperatura medida no laboratório para o item 4.1 foi de $20,8 \pm 0,1$ °C e o valor tabelado da velocidade do pulso foi realizada à temperatura de 20 °C, precisa-se descontar essa variação de 0,8°C e comprar os novos valores de velocidade.

Tabela 5 Valores de tempo corrigidos

Água destilada	Velocidade [m/s]	Temperatura [°C]
Experimental 1	$1,3966 \times 10^3$	$20,8 \pm 0,1$
Experimental 2	$1,4763 \times 10^3$	$20,8 \pm 0,1$
Experimental 3	$1,4745 \times 10^3$	$20,0 \pm 0,1$
Tabelado	$1,4830 \times 10^3$	$20,0 \pm 0,1$

Onde:

O valor experimental 1 foi obtido sem correções;

O valor experimental 2 foi obtido com as correções da movimentação dos transdutores e,

O valor experimental 3 foi obtido com as correções do espaçamento entre os transdutores e a variação de 0,8°C de temperatura, ou seja, ao extrapolar a reta do gráfico na figura 21 na temperatura de 20°C encontrar-se-ia um tempo de 5,00627 μ s, resultando em uma velocidade de $1,4745 \times 10^3$ m/s, com erro de 1% sobre o valor tabelado.

Conforme visto na figura 20, a velocidade do pulso não varia de forma linear com a temperatura, podendo-se considerar a linearidade apenas para pequenas variações de temperatura em torno da temperatura ambiente, isto significa que para uma grande variação de térmica, vários fatores podem interferir diretamente na velocidade do pulso ultrassônico.

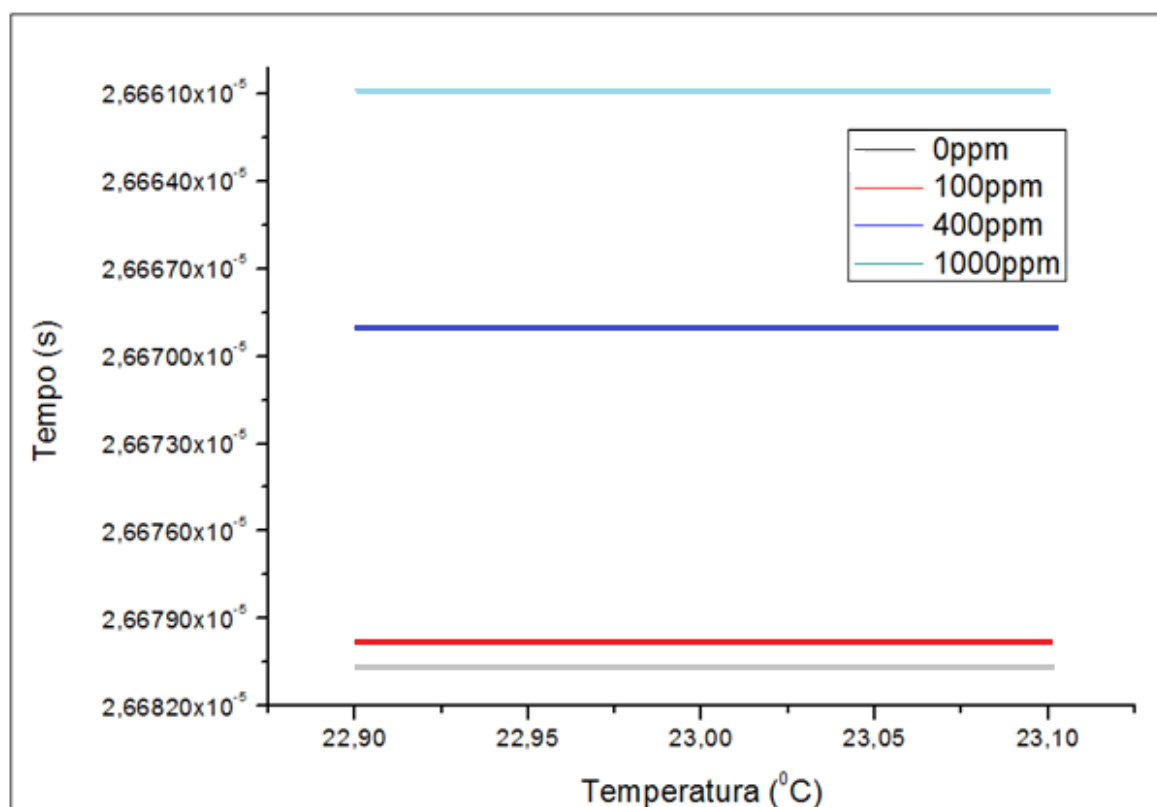
4.3 Tempo de percurso da onda em solução de ácido-bórico com diferentes concentrações em temperatura fixa.

Para conseguir uma relação entre o tempo de percurso da onda ultrassônica e a concentração de ácido bórico, foi necessário realizar o mesmo experimento, nas mesmas condições para diferentes concentrações e fixando a temperatura para isolar sua influência.

As soluções utilizadas foram de 100PPM, 400PPM e 1000PPM, também utilizou-se água destilada como parâmetro inicial.

Os valores obtidos podem ser vistos no gráfico da figura 22 que representa diferentes concentrações de ácido bórico caracterizadas pelo tempo de percurso da onda quando mantida a temperatura constante.

Figura 22 – Gráfico do tempo de percurso em concentrações diferentes



Na figura 22 acima, o gráfico permite caracterizar diferentes concentrações de soluto de H_3BO_3 (PPM) com significativa sensibilidade, porém, qualquer interferência

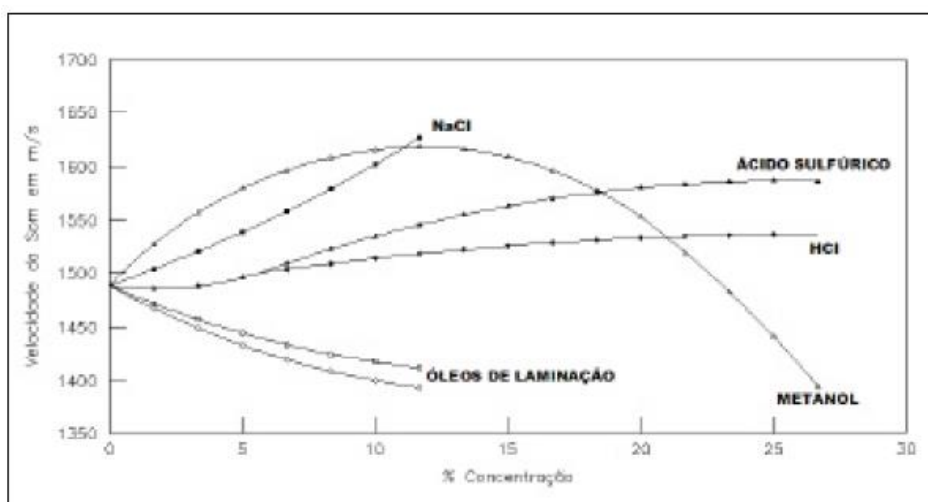
de impurezas no líquido pode acarretar em uma leitura ilusória de dados, modificando significativamente a densidade do líquido e o tempo de percurso do pulso ultrassônico.

Após a conclusão da experiência, foi introduzida água da bica, para fins de comparação na mesma temperatura, resultando em um valor de tempo de percurso bem próximo ao valor encontrado para solução com concentração de 1000PPM, esse fato implica que qualquer substância que possua as mesmas características físicas do ácido bórico, responderá com o mesmo tempo de percurso, ou seja, é necessário ter controle dos elementos químicos que estão dissolvidos no líquido, para não obter leitura fictícia da concentração de ácido bórico.

O gráfico da figura 22 sugere que o tempo de percurso do pulso ultrassônico na solução de ácido bórico, fixada a temperatura, em diferentes concentrações, não se apresenta de forma linear, caso assim fosse, o tempo característico da solução a 400ppm, estaria em torno de $2,66760 \times 10^{-6}$ e não em $2,66700 \times 10^{-6}$.

Estudos realizados por Weerstra (2003), com líquidos diferentes demonstram que o acréscimo das concentrações em algumas soluções não se comporta de forma linear com a velocidade e, conseqüentemente, com o tempo de percurso, conforme a figura 23, que apresenta as curvas de concentração de soluções caracterizadas pela velocidade do pulso ultrassônico.

Figura 23– Gráfico de velocidade VS concentração



Fonte: Douglas D. Weerstra, R & D Chemist Mesa Laboratories

4.4 Tempo de percurso em água destilada e solução de ácido-bórico saturada com variação de temperatura em um tubo de aço inoxidável

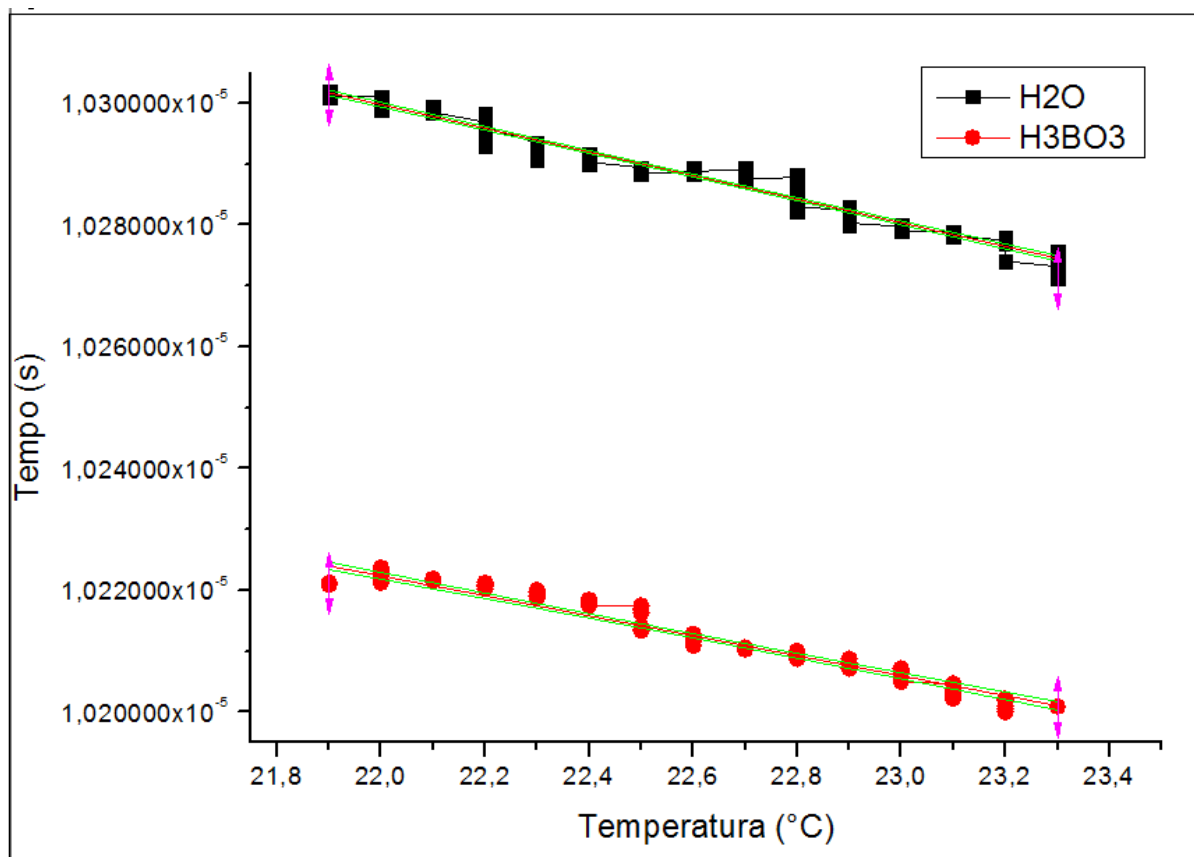
Na tentativa de aproximar o experimento um pouco mais da realidade, mesmo que ainda em condições muito simples (líquido estacionário e para pequenas variações de temperatura), a caixa de acrílico foi trocada por um cilindro de aço inoxidável com uma de suas extremidades vedadas, com paredes de 3,7mm de espessura, como descrito no item 3.2.3. Como o cabeçote do transdutor ficou acoplado na parte externa do cilindro, o pulso ultrassônico deve ultrapassar a parede de metal, percorrer o líquido, refletir na outra extremidade do tubo e retornar à origem gerando o tempo de percurso.

Esse procedimento foi realizado com a intenção de estudar se há interferência na media de tempo quando o pulso atravessa a parede de aço inox, mudando do meio sólido para o meio líquido e reflete na outra extremidade do tubo com energia suficiente para retornar e gerar dados que possam caracterizar a concentração de ácido bórico nas soluções utilizadas.

Os resultados do gráfico da figura 24 demonstram visualmente que é possível caracterizar o tempo de percurso do pulso ultrassônico na água destilada e na solução de ácido-bórico saturada, devido ao fato de as retas estarem bem caracterizadas para esses dois líquidos e que as paredes de metal não interferem nos resultados do tempo de percurso da onda, uma vez que o tempo gasto para atravessar e refletir na parede do tubo de aço é adotado nos dois procedimentos e como as medidas de tempo são comparadas, o tempo de percurso gasto para atravessar a parede e refletir na outra extremidade pode ser descartado.

Foi feito o ajuste linear da reta conforme dados da tabela 8, onde o coeficiente angular para a água destilada e solução de ácido bórico saturada apresentam médias bem próximas de $b = -1,93802 \times 10^{-8}$ e $b = -1,63904 \times 10^{-8}$ respectivamente, embora os valores dos coeficientes angulares sejam diferentes, as retas não se cruzam nesse intervalo. Estudos mais abrangentes precisam ser elaborados com o intuito de conhecer as características dessas funções, caso a variação de temperatura atinja valores significativos, onde a linearidade não é respeitada.

Figura 24 – Gráfico de tempo com variação da temperatura para água destilada e solução de ácido bórico saturada.



O gráfico da figura 24 representa as curvas da água destilada e solução saturada de ácido bórico, caracterizadas pelo tempo de percurso da onda quando há variação de temperatura.

Tabela6 Resultados estatísticos da regressão linear e coeficientes das retas ajustadas

Equação		H3BO3	H2O
$y = a + b \cdot x$	Ajuste da reta	0,96735	0,94764
		valor	desvio padrão
Tempo H3BO3	a	$1,07261 \times 10^{-5}$	$6,22135 \times 10^{-9}$
Tempo H3BO3	b	$-1,93802 \times 10^{-8}$	$2,75494 \times 10^{-10}$
Tempo H2O	a	$1,05830 \times 10^{-5}$	$9,05488 \times 10^{-9}$
Tempo H2O	b	$-1,63904 \times 10^{-4}$	$4,01539 \times 10^{-10}$

No gráfico da figura 24, foi calculado o intervalo de confiança com margem de 95% de confiabilidade, conforme as bandas em verde.

4.5 Tempo de percurso da onda em solução de ácido bórico a 600ppm e 650ppm em um tubo de aço inox com variação de temperatura.

Com a necessidade de verificar a sensibilidade das medidas, ou seja, ampliar a faixa de distinção para caracterizar as soluções de ácido bórico, o processo foi adotado para soluções com concentrações bem próximas (600 e 650ppm) com a mesma variação de temperatura.

Como pode ser observado no gráfico da figura 25, não há interferência entre as duas curvas linearizadas para essa faixa de temperatura. O intervalo de confiança (IC), com nível de confiança em 95% para a estimativa da linearidade da reta conforme as bandas verdes no gráfico demonstra que as retas são distintas, implicando, como resultado, a caracterização das diferentes curvas de concentração.

Com esses resultados é possível diferenciar concentrações de 650 e 600 PPM de ácido bórico em solução conforme figura 25. Essa figura mostra as curvas de concentração de ácido bórico caracterizada pelo tempo de percurso, quando há variação de temperatura. As bandas em verde mostram o intervalo de confiança em 95%, com a linearização das retas e seus coeficientes descritos na tabela 9.

Figura 25 – Gráfico de tempo com variação da temperatura para soluções de ácido bórico a 650 e 600PPM

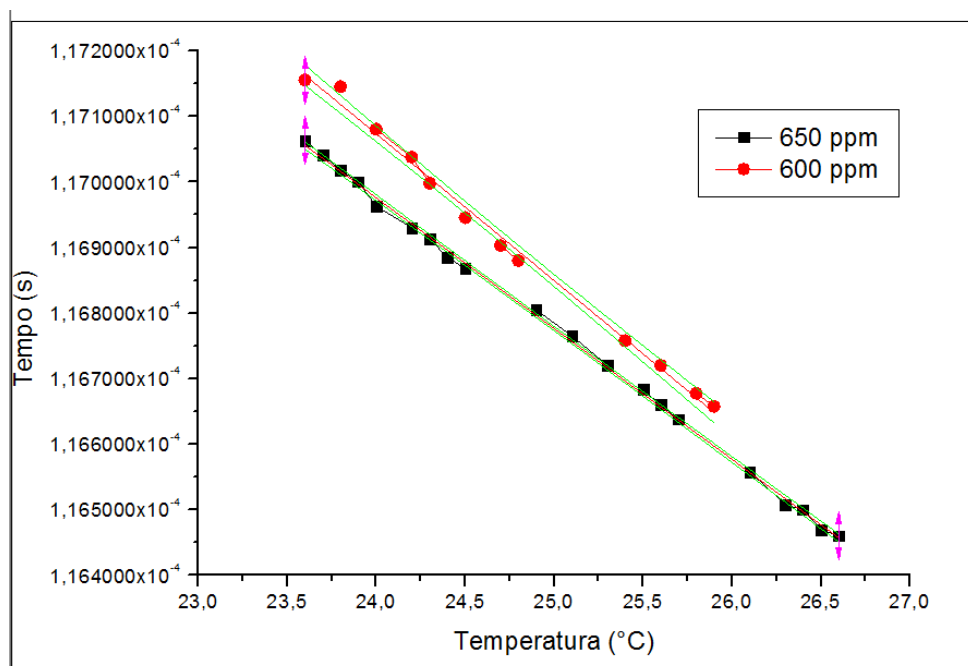


Tabela 7 Resultados estatísticos da regressão linear e coeficientes angulares e lineares das retas ajustadas, referente à figura 25.

Equação	$y = a + b \cdot x$	650ppm	600ppm
Ajuste da reta		0,99886	0,99422
		valores	desvio padrão
Tempo 650	a	$1,22 \times 10^{-4}$	$3,87 \times 10^{-8}$
Tempo 650	b	$-1,99 \times 10^{-9}$	$1,55 \times 10^{-9}$
Tempo 600	a	$1,22 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-7}$
Tempo 600	b	$-2,23 \times 10^{-7}$	$5,14 \times 10^{-9}$

O trabalho teve como propósito, em uma primeira análise, estudar os parâmetros que interferem, significativamente, nas medidas de tempo de percurso do pulso ultrassônico em fluidos estacionários de ácido bórico (H_3BO_3), com objetivo principal de conhecer a viabilidade do emprego da técnica de ultrassom para caracterizar soluções com diferentes concentrações de (H_3BO_3) com confiabilidade.

Os resultados apresentados juntamente com as discussões permitem conclusões positivas, no sentido de que é necessário um aprofundamento no estudo da técnica para emprego na indústria.

5 CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que tanto a temperatura, a distância percorrida pelo sinal e a contaminação das soluções com impurezas, interferem significativamente no tempo de percurso do pulso ultrassônico e, conseqüentemente, na caracterização das concentrações dos líquidos estudados, resultando em leitura equivocada dos valores das curvas de concentração das soluções caso um ou mais parâmetros sejam modificados, que está de acordo com os estudos realizados por Weerstra (2003) feitos com ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e solução de hidróxido de sódio (NaCl).

O experimento mostra que para uma distância de percurso da onda de 7mm, os valores mostram que para variação de cada 1°C, ocorre uma variação de tempo de aproximadamente 7,7ns.

A água destilada e solução saturada de ácido bórico podem ser caracterizadas por técnica de ultrassom, desde que mantidas as mesmas condições de operação.

Pequenas variações de temperatura em torno da temperatura de 20°C mostram comportamento de linearidade das curvas de concentração das soluções de ácido bórico.

Mantida a mesma temperatura, foi possível distinguir ultrassonicamente água destilada de soluções em concentrações de 100, 400 e 1000ppm, entretanto, os resultados indicam que o aumento da concentração não varia de forma linear com o tempo de percurso.

O ácido bórico em solução pode ser caracterizado para diferentes concentrações, com limite de leitura de 50ppm entre as concentrações com confiabilidade de 95%, para o procedimento adotado neste trabalho, o que não descarta a hipótese de leituras mais sensíveis, uma vez que foi observado que, em virtude do aumento na distância percorrida pelo pulso, houve significativa melhora dos resultados, ou seja, quanto maior o percurso feito pelo pulso ultrassônico, tanto melhor será a sensibilidade para distinguir as curvas de concentração da solução.

A transposição da parede de metal do tubo de aço inoxidável pelo pulso ultrassônico interferiu apenas como atenuador da energia da onda, resultando em menor amplitude do sinal recebido (eco), porém, não apresentou interferência na medida de tempo de percurso para caracterização de soluções com diferentes

concentrações, uma vez que a distância percorrida, a temperatura e o controle de impurezas foram mantidos inalterados durante todo o processo, ou no caso da variação da temperatura, foi mantido o mesmo intervalo para as diferentes concentrações.

O objetivo de estudar a viabilidade do emprego da técnica de ultrassom para caracterizar o ácido bórico foi alcançado para esse procedimento, mesmo que em condições especiais, foi demonstrado que é possível conhecer a concentração de ácido bórico dentro de um tubo de metal, aplicando uma técnica não invasiva, com precisão de 50ppm determinada pela linearização da curva de concentração e temperatura, com confiabilidade em 95%.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nos reatores PWR utilizados no Brasil, por exemplo, as faixas operacionais de temperatura e concentração de ácido bórico fornecidas pela Eletronuclear foram de 2000ppm e 40-50°C reator desligado, passando por 1500-1600ppm a 297°C e 0ppm ou algo próximo para 324°C quando a criticalidade é alcançada. Com a necessidade de incrementar os estudos para adequação do emprego da técnica no projeto do reator IRIS, são sugeridos novos estudos:

- Estudar a curva característica de concentração construindo um gráfico de tempo VS temperatura para soluções de ácido bórico que tenham passado por altas temperaturas, onde o ácido bórico assume diferentes formas cristalinas, com densidades diferentes, avaliando comparativamente se haverá mudança na leitura do tempo de percurso antes do aquecimento (temperatura ambiente) e após passar pelo aquecimento e posterior resfriamento da solução, retornando à temperatura ambiente.

- Na tentativa de aumentar a sensibilidade das medidas características de tempo de percurso para cada solução, sugere-se aumentar a distância entre os transdutores, conseguindo maior percurso para o sinal ultrassônico e, supostamente, maior diferença entre os tempos de percurso para diferentes concentrações, avaliando

o melhor transdutor, para que não haja dissipação completa do sinal por perda de energia.

- Fazer o estudo da frequência do sinal ultrassônico no lugar do tempo de percurso para conhecer a viabilidade de caracterização das concentrações.

- Estudar maneiras de caracterização das concentrações com inserção de novas variáveis, como pressão, temperatura, impureza, com a criação de ábacos como forma de mapear e identificar as concentrações corretas de ácido bórico nessas condições.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Maioli, D.J. Finnicum, and Y. Kumagai, IRIS Simplified LERF Model, **Proc. of ANES 2004 Conference**, Miami, FL, October 3-6, 2004.

ALONSO, Marcelo, FINN, Edward J. **Física um Curso Universitário**. Volume II. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 2001.

BITTNECOURT, M. S. Q.; PINHEIRO, M. A. A.; LAMY, C. A.; FILHO, J. C. P. **Medida do tempo de percurso de ondas ultra-sônica para avaliação de tensões**. PANNDT 2003.

BEZERRA, JAIR DE LIMA ; LIMA, F. R. A. ; LIRA, C. A. B. O. ; Barroso, Antonio Carlos de Oliveira; da Silva, Mário Augusto Bezerra . **Study of the boron homogenizing process employing an experimental low-pressure bench simulating the IRIS reactor pressurizer** - Part I. Annals of Nuclear Energy , v. 53, p. 254-258, 2013.

BEZERRA, J. L. ; LIRA, C. A. B. O. ; BARROSO, A. C. O. ; LIMA, F. R. A. ; SILVA, M. A. B. . **Study of the boron homogenizing process employing an experimental low-pressure bench simulating the IRIS reactor pressurizer** - Part II. Annals of Nuclear Energy , v. 62, p. 558-563, 2013.

BOTELHO, D. A.; SAMPAIO, P. A. B.; LAPA, C. M. F.; PEREIRA, C. M. N. A.; MOREIRA, M. L.; BARROSO, A. C. O. **Optimization procedure to design pressurizer experiments**. In INAC 2005. Santos, Brasil, 2005.

BOTELHO, D. A.; SAMPAIO, P. A. B.; LAPA, C. M. F.; PEREIRA, C. M. N. A.; MOREIRA, M. L.; BARROSO, A. C. O. The IRIS pressurizer: simulation of out-surge transients and optimization procedure to design scaled experiments. **Progress in Nuclear Energy**. v. 50, p. 730-739, 2008.

CARLIN, Benson. **Ultrasonica**, Ediciones Urmo, 1ª Edição, 1972.

CARELLI, M. D. IRIS: A global approach to nuclear power renaissance. **Nuclear News**, v. 46, n. 10, p. 32-42, 2003.

CARELLI, M. D.; CONWAY, L. E.; ORIANI, L.; PETROVIC, B.; LOMBARDI, C. V.; RICOTTI, M. E.; BARROSO, A. C. O.; COLLADO, J. M.; CINOTTI, L.; TODREAS, N.

E.; GRGIC, D.; MORAES, M. M.; BOROUGHS, R. D.; NINOKATA, H.; INGERSOLL, D. T.; ORIOLO, F. The design and safety features of the IRIS reactor. **Nuclear Engineering and Design**. v. 230, p. 151-167, 2004.

CARELLI, M. D.; PETROVIC, B.; CAVLINA, N.; GRGIC, D. IRIS (International Reactor Innovative and Secure) – **design overview and deployment prospects**. In: International Conference Nuclear Energy for New Europe 2005, Blend, Slovenia, 5-8 Setembro, 2005.

CITTADINE, A. “**MEMS Reshapes Ultrasonic Sensing**”, Sensors, Volume 17, Number 2, February 2000.

DARGUPTA, D.R & BARNEJEE, B.K. **Study of phase transformation of orthoboric acid by x ray diffraction method**. J. Chem. Phys., 23:2190-1, 1955.

D. Finnicum, A. Maioli, Y. Mizuno, J. Viais, G. Mendoza and G. Alonso, IRIS Preliminary PRA Analysis, **Proc. GLOBAL 2003**, New Orleans, LA, USA, November 16-20, 2003.

DYAKOWSKI, T. Ultrasound techniques. In: **Multiphase Flow Handbook**. [S.I.]: CRC Press, 2005. cap. 14, p. 21-30.

GÓMEZ, Francisco Ramírez et Al., **Introducción a los métodos de Ensayos no Destructivos de Control de La Calidad de los Materiales**, Instituto de Técnica Aero Espacial Esteban Terradas, Madrid, 2ª Edição, 1977.

GOOBERMAN, G.L., **Ultrasonics, Teory and Application**, Hart Publishing Company, INC, 1ª Edição, 1968.

KRAUTKRÄMER, Josef, KRAUTKRÄMER, Herbert. **Ultrasonic Testing of Materials**. 4th Fully Revised Edition. pp16-109-40. Springer-Verlag Berlin, 1990.

HUERTAS, Vicente Almagro. **Los Ultrasonidos: Teoria y aplicaciones**. Editora Paraninfo. PP 93-25. Madrid, 1967.

LAPA, Celso M.f. et al. A new approach to designing reduced scale thermal-hydraulic experiments. **Nuclear Engineering And Design**. Amsterdam, Holanda, p. 205-212. abr. 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.nucengdes.2003.08.006>>. Acesso em: 20 out. 2013.

LAMARSH, J. R.; BARATTA, A. J. **Introduction to nuclear engineering**. 3 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

PAULA LEITE, **Ensaio Não Destrutivo**, Associação Brasileira de Metais, 9ª Edição, 1979, capítulos 11 e 12.

POPOV, E.; YODER, G. IRIS pressurized fluid dynamics and heat transfer analyses. **Nuclear Engineering and Design**. v. 238, p. 81-89, 2008.

POVEY, M.J.W. **Ultrasonic Techniques for Fluids Characterization**. Academic Press. United Kingdom, 1997.

NASCIMENTO, Samira R. V. do. **Análise de diluição de boro no pressurizador do iris: experimentos e modelagem em escala reduz**, Seminário de Tese de Doutorado, 2012.

NASCIMENTO, Samira R. V. do. **Técnicas experimentais para medir a concentração de um soluto em água**, Exame de qualificação de Doutorado, 2012.

SILVA, Mário Augusto Bezerra da. **Determinação dos parâmetros de uma seção de testes para o pressurizador do reator nuclear IRIS**. 2008. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologias Energéticas e Nucleares, Departamento de Centro de Tecnologia e Geociências - Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco. Recife, 2008.

SHUKLA, A.; PRAKASH, A. Ultrasonic technique to determine particle size and concentration in slurry systems. **Chemical Engineering Science**, v. 61, p. 2468-2475, 2006.

SUN, J. G.; SHA, W. T. **Analysis of boron dilution in a four-loop PWR**. Washington: Doc. U. S. Nuclear Regulatory Commission, 1995.

TAKEDA, Y. Velocity profile measurement by ultrasonic doppler method. **Experimental Thermal and Fluid Science**. v. 10, p. 444-453, 1995

TODREAS, Neil E.; KAZIMI, Mujid S.. **Nuclear Systems 1: Thermal Hydraulic Fundamentals**. New York, Ny: Crc Press, 1989. 720 p. (ISBN:9781560320517).

U.S-DOE, Nuclear Energy Research Advisory Committee And The Generation Iv International Forum (GIF). **A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems**. 2002a. Disponível em: <<https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2013-09/genivroadmap2002.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2014.

WEERSTRA, Douglas D., **On line rolling oil and picking acid concentration measurement using ultrasonics**, R & D Chemist – Mesa Laboratories, Inc., NuSonics Division, 2003 a

WEERSTRA, Douglas D., **Hydrochloric Acid Analyser Application Note**, R & D Chemist – Mesa Laboratories, Inc., NuSonics Division, 2003 b

WEERSTRA, Douglas D., **Sulfuric Acid Analyser Application Note**, R & D Chemist – Mesa Laboratories, Inc., NuSonics Division, 2003 c

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LCC. **Final technical progress report – STD-ES-03-40**. Nov. 3, 2003, Pittsburg.

7 APÊNDICES

7.1 Apêndice I

Tabela de dados referente ao tempo de percurso para água destilada para calibração do equipamento

temperatura 20,8°±0,1°C água destilada		Média 30pts	Cor. Cruzada	MÉDIA
30/07/2013	09:35:33	5,011875E-06	5,012188E-06	5,012406E-06
30/07/2013	09:36:21	5,011563E-06	5,012812E-06	DESVIO PADRÃO
30/07/2013	09:37:29	5,011563E-06	5,013125E-06	1,23961E-09
30/07/2013	09:38:58	5,012188E-06	5,013438E-06	VARIÂNCIA
30/07/2013	09:40:28	5,012500E-06	5,014375E-06	1,53663E-18
30/07/2013	09:41:58	5,011250E-06	5,011563E-06	
30/07/2013	09:42:52	5,009688E-06	5,010625E-06	
30/07/2013	09:44:00	5,010313E-06	5,010625E-06	
30/07/2013	09:44:46	5,011250E-06	5,010937E-06	
30/07/2013	09:48:56	5,011875E-06	5,012812E-06	
30/07/2013	09:54:36	5,011563E-06	5,011250E-06	
30/07/2013	09:55:42	5,011250E-06	5,011563E-06	
30/07/2013	09:56:51	5,011875E-06	5,012188E-06	
30/07/2013	09:57:51	5,012188E-06	5,012812E-06	
30/07/2013	10:00:30	5,011563E-06	5,012500E-06	
30/07/2013	10:01:14	5,011563E-06	5,011563E-06	
30/07/2013	10:02:11	5,010313E-06	5,010625E-06	
30/07/2013	10:04:01	5,010625E-06	5,010937E-06	
30/07/2013	10:05:04	5,010937E-06	5,011250E-06	
30/07/2013	10:06:10	5,011563E-06	5,011875E-06	
30/07/2013	10:07:24	5,011875E-06	5,012188E-06	
30/07/2013	10:08:33	5,012188E-06	5,013750E-06	
30/07/2013	10:09:20	5,012500E-06	5,015313E-06	
30/07/2013	10:10:08	5,012500E-06	5,015000E-06	
30/07/2013	10:11:02	5,011875E-06	5,013750E-06	
30/07/2013	10:12:15	5,011875E-06	5,012500E-06	
30/07/2013	10:13:04	5,010937E-06	5,012188E-06	
30/07/2013	10:14:05	5,011563E-06	5,012500E-06	
30/07/2013	10:15:03	5,011563E-06	5,012812E-06	
30/07/2013	10:16:05	5,011875E-06	5,013125E-06	

7.2 Apêndice II

Tabela de dados referente à medida de tempo para solução de ácido bórico saturada a ser comparada com a água destilada.

Temperatura 20,8±0,1°C sol. ácido bórico Sat.		Média 30pts	corr. Cruzada	MÉDIA
30/07/2013	10:19:27	4,9671880E-06	4,9684370E-06	4,9683019E-06
30/07/2013	10:20:30	4,9678130E-06	4,9684370E-06	DESVIO PADRÃO
30/07/2013	10:21:41	4,9678130E-06	4,9684370E-06	3,35062E-10
30/07/2013	10:22:58	4,9675000E-06	4,9687500E-06	VARIÂNCIA
30/07/2013	10:24:09	4,9675000E-06	4,9687500E-06	1,12266E-19
30/07/2013	10:25:20	4,9671880E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:26:33	4,9671880E-06	4,9681250E-06	
30/07/2013	10:28:36	4,9678130E-06	4,9687500E-06	
30/07/2013	10:31:59	4,9678130E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:33:34	4,9671880E-06	4,9681250E-06	
30/07/2013	10:34:37	4,9675000E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:35:31	4,9678130E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:36:36	4,9675000E-06	4,9687500E-06	
30/07/2013	10:37:34	4,9678130E-06	4,9687500E-06	
30/07/2013	10:38:28	4,9668750E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:39:18	4,9671880E-06	4,9681250E-06	
30/07/2013	10:40:10	4,9665620E-06	4,9681250E-06	
30/07/2013	10:41:37	4,9675000E-06	4,9681250E-06	
30/07/2013	10:42:22	4,9675000E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:43:19	4,9671880E-06	4,9681250E-06	
30/07/2013	10:44:42	4,9665620E-06	4,9675000E-06	
30/07/2013	10:45:38	4,9653120E-06	4,9675000E-06	
30/07/2013	10:48:51	4,9671880E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:50:01	4,9678130E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:52:37	4,9668750E-06	4,9681250E-06	
30/07/2013	10:53:56	4,9668750E-06	4,9681250E-06	
30/07/2013	10:54:44	4,9671880E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:56:01	4,9678130E-06	4,9684370E-06	
30/07/2013	10:58:04	4,9671880E-06	4,9678130E-06	
30/07/2013	10:59:06	4,9668750E-06	4,9678130E-06	

7.3 Apêndice III

Dados do tempo de percurso com variação da temperatura na caixa de acrílico para água destilada

Data	Hora	Tempo Médio 30pts	Tempo Cor. Cruzada	Temperatura
------	------	----------------------	-----------------------	-------------

17/07/2013	11:08:37	5,022813E-06	5,021563E-06	21,80C
17/07/2013	11:09:14	5,022500E-06	5,021563E-06	21,80C
17/07/2013	11:09:37	5,022500E-06	5,021563E-06	21,80C
17/07/2013	11:10:07	5,022500E-06	5,021563E-06	21,80C
17/07/2013	11:10:38	5,022500E-06	5,021563E-06	21,80C
17/07/2013	11:11:07	5,022500E-06	5,021563E-06	21,80C
17/07/2013	11:11:37	5,023125E-06	5,022187E-06	21,80C
17/07/2013	11:12:07	5,023750E-06	5,021875E-06	21,80C
17/07/2013	11:12:43	5,025312E-06	5,027187E-06	21,80C
17/07/2013	11:13:07	5,027187E-06	5,027500E-06	21,80C
17/07/2013	11:13:36	5,027187E-06	5,027813E-06	21,80C
17/07/2013	11:14:07	5,027813E-06	5,028125E-06	21,80C
17/07/2013	11:14:37	5,027500E-06	5,028125E-06	21,80C
17/07/2013	11:15:10	5,027187E-06	5,028438E-06	21,80C
17/07/2013	11:15:37	5,027187E-06	5,028438E-06	21,80C
17/07/2013	11:16:08	5,027500E-06	5,028438E-06	21,80C
17/07/2013	11:16:37	5,027500E-06	5,028750E-06	21,80C
17/07/2013	11:17:07	5,027500E-06	5,028750E-06	21,80C
17/07/2013	11:17:37	5,027187E-06	5,029062E-06	21,80C
17/07/2013	11:18:07	5,027187E-06	5,029062E-06	21,80C
17/07/2013	11:18:37	5,027187E-06	5,029062E-06	21,80C
17/07/2013	11:19:07	5,026875E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:19:37	5,026875E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:20:07	5,026875E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:20:37	5,027187E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:21:07	5,026875E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:21:37	5,027500E-06	5,029062E-06	21,80C
17/07/2013	11:22:07	5,027187E-06	5,029062E-06	21,80C
17/07/2013	11:22:37	5,026875E-06	5,029062E-06	21,80C
17/07/2013	11:23:07	5,026875E-06	5,029062E-06	21,80C
17/07/2013	11:23:37	5,026563E-06	5,029062E-06	21,80C
17/07/2013	11:24:07	5,026875E-06	5,029062E-06	21,80C
17/07/2013	11:24:37	5,026563E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:25:07	5,026875E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:25:37	5,026875E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:26:07	5,027500E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:26:37	5,027500E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:27:08	5,029062E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:27:37	5,030312E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:28:08	5,030312E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:28:37	5,027500E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:29:07	5,027500E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:29:37	5,027813E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:30:13	5,027500E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:30:37	5,027500E-06	5,029375E-06	21,80C

17/07/2013	11:31:07	5,027500E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:31:37	5,028125E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:32:07	5,030312E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:32:37	5,030000E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:33:07	5,030938E-06	5,030000E-06	21,80C
17/07/2013	11:33:37	5,030625E-06	5,030000E-06	21,80C
17/07/2013	11:34:07	5,029375E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:34:37	5,027187E-06	5,029688E-06	21,80C
17/07/2013	11:35:07	5,027813E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:35:37	5,027813E-06	5,029375E-06	21,80C
17/07/2013	11:02:05	5,021563E-06	5,020625E-06	21,90C
17/07/2013	11:03:48	5,021250E-06	5,020313E-06	21,90C
17/07/2013	11:05:07	5,021250E-06	5,020313E-06	21,90C
17/07/2013	11:05:37	5,021563E-06	5,020313E-06	21,90C
17/07/2013	11:06:08	5,021563E-06	5,020625E-06	21,90C
17/07/2013	11:06:37	5,021875E-06	5,020937E-06	21,90C
17/07/2013	11:07:07	5,022187E-06	5,020937E-06	21,90C
17/07/2013	11:07:37	5,022187E-06	5,021250E-06	21,90C
17/07/2013	11:08:07	5,022500E-06	5,021563E-06	21,90C
17/07/2013	14:12:40	5,027500E-06	5,029375E-06	21,9
17/07/2013	14:13:10	5,027813E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:13:40	5,027187E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:14:10	5,027500E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:14:29	5,027500E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:15:10	5,028438E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:15:40	5,028125E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:16:09	5,027500E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:16:40	5,028125E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:17:10	5,027187E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:17:40	5,027813E-06	5,029375E-06	21,9
17/07/2013	14:18:10	5,027500E-06	5,029375E-06	21,9
17/07/2013	14:18:40	5,027500E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:19:10	5,027500E-06	5,029375E-06	21,9
17/07/2013	14:19:40	5,027500E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:20:10	5,026875E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:20:40	5,027187E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:21:10	5,027500E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:21:40	5,027500E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:22:10	5,030938E-06	5,029688E-06	21,9
17/07/2013	14:22:40	5,030625E-06	5,030000E-06	21,9
17/07/2013	14:23:11	5,031563E-06	5,030000E-06	21,9
17/07/2013	14:23:40	5,031563E-06	5,030000E-06	21,9
17/07/2013	14:24:10	5,031563E-06	5,030000E-06	21,9
17/07/2013	14:24:40	5,031875E-06	5,030000E-06	21,9
17/07/2013	14:25:00	5,031875E-06	5,030312E-06	21,9

17/07/2013	14:25:40	5,031563E-06	5,030312E-06	21,9
17/07/2013	14:26:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:26:40	5,031875E-06	5,030625E-06	22
17/07/2013	14:27:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:27:40	5,031875E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:28:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:28:40	5,031875E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:29:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:29:40	5,031875E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:30:10	5,031563E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:30:40	5,030938E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:31:10	5,030938E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:31:30	5,031250E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:31:50	5,030938E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:32:10	5,030938E-06	5,029688E-06	22
17/07/2013	14:32:30	5,031250E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:32:50	5,031250E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:33:10	5,030938E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:33:30	5,031250E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:33:50	5,032187E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:34:10	5,031250E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:34:30	5,030938E-06	5,030000E-06	22
17/07/2013	14:34:50	5,031563E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:35:10	5,031563E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:35:30	5,031563E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:35:50	5,031875E-06	5,030312E-06	22
17/07/2013	14:39:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:39:30	5,031563E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:39:50	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:40:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:40:30	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:40:50	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:41:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:41:30	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:41:50	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:42:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:42:30	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:42:50	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:43:10	5,031563E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:43:30	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:43:50	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:44:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:44:30	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:45:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:45:30	5,031563E-06	5,030312E-06	22,1

17/07/2013	14:45:50	5,031875E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:46:30	5,031563E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:47:30	5,031563E-06	5,030312E-06	22,1
17/07/2013	14:47:50	5,031875E-06	5,030312E-06	22,2
17/07/2013	14:48:10	5,031875E-06	5,030312E-06	22,2
17/07/2013	14:48:31	5,032187E-06	5,030312E-06	22,2
17/07/2013	14:48:50	5,031563E-06	5,030312E-06	22,2
17/07/2013	14:49:10	5,031563E-06	5,030312E-06	22,2
17/07/2013	14:49:30	5,031563E-06	5,030312E-06	22,2
17/07/2013	14:49:50	5,031563E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:50:11	5,031563E-06	5,030312E-06	22,2
17/07/2013	14:50:50	5,031875E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:51:10	5,031875E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:51:50	5,031563E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:52:10	5,031563E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:52:30	5,031563E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:52:50	5,031250E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:53:10	5,031563E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:53:31	5,031875E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:53:50	5,031563E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:54:10	5,031875E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:54:30	5,031250E-06	5,030000E-06	22,2
17/07/2013	14:54:50	5,031875E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:55:10	5,031563E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:55:30	5,031250E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:55:50	5,030938E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:56:10	5,031250E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:56:30	5,031250E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:56:50	5,031563E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:57:14	5,031250E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:57:30	5,030938E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	14:57:50	5,030312E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	14:58:10	5,030625E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	14:58:30	5,031875E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	14:58:50	5,031250E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:59:12	5,031563E-06	5,030000E-06	22,3
17/07/2013	14:59:30	5,030625E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	14:59:50	5,031563E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	15:00:10	5,030625E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	15:00:31	5,030938E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	15:00:50	5,030625E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	15:01:11	5,030938E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	15:01:30	5,029375E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	15:01:50	5,029062E-06	5,029688E-06	22,3
17/07/2013	15:02:10	5,027187E-06	5,029688E-06	22,3

17/07/2013	15:02:30	5,027187E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:02:50	5,027187E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:03:11	5,027187E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:03:30	5,027500E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:03:50	5,027500E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:04:10	5,027813E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:04:32	5,027500E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:04:50	5,027187E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:05:10	5,027500E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:05:30	5,027187E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:05:51	5,027500E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:06:10	5,026875E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:06:30	5,027187E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:06:49	5,027187E-06	5,029375E-06	22,4
17/07/2013	15:07:10	5,026875E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:07:30	5,027500E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:07:50	5,027500E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:08:10	5,027500E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:08:31	5,027187E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:08:50	5,027500E-06	5,029688E-06	22,4
17/07/2013	15:09:11	5,027187E-06	5,029688E-06	22,5
17/07/2013	15:09:30	5,027500E-06	5,029688E-06	22,5
17/07/2013	15:09:52	5,027187E-06	5,029688E-06	22,5
17/07/2013	15:10:10	5,027187E-06	5,029688E-06	22,5
17/07/2013	15:10:50	5,027813E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:11:11	5,027187E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:11:30	5,027187E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:11:50	5,026875E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:12:10	5,027813E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:12:30	5,027187E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:12:50	5,027500E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:13:10	5,027187E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:13:30	5,028125E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:13:50	5,027500E-06	5,029062E-06	22,5
17/07/2013	15:14:10	5,027813E-06	5,029062E-06	22,5
17/07/2013	15:14:32	5,027500E-06	5,029062E-06	22,5
17/07/2013	15:14:50	5,027813E-06	5,029375E-06	22,5
17/07/2013	15:15:10	5,027813E-06	5,029062E-06	22,5
17/07/2013	15:15:30	5,027500E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:15:50	5,027187E-06	5,029375E-06	22,6
17/07/2013	15:16:10	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:16:31	5,027500E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:16:50	5,028125E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:17:10	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:17:32	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6

17/07/2013	15:17:50	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:18:10	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:18:30	5,027500E-06	5,029375E-06	22,6
17/07/2013	15:18:50	5,027813E-06	5,029375E-06	22,6
17/07/2013	15:19:10	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:19:33	5,027813E-06	5,029375E-06	22,6
17/07/2013	15:19:52	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:20:10	5,027813E-06	5,029375E-06	22,6
17/07/2013	15:20:30	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:20:50	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:21:10	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:21:30	5,028125E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:21:50	5,027500E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:22:10	5,027813E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:22:30	5,028125E-06	5,029062E-06	22,6
17/07/2013	15:22:50	5,028125E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:23:10	5,028125E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:23:30	5,027813E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:23:50	5,028438E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:24:10	5,028125E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:24:30	5,027813E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:24:50	5,027813E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:25:10	5,028125E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:25:31	5,027813E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:25:50	5,027813E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:26:10	5,027500E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:26:30	5,028125E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:26:50	5,027813E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:27:10	5,027813E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:27:30	5,027813E-06	5,029062E-06	22,7
17/07/2013	15:27:50	5,028125E-06	5,028750E-06	22,7
17/07/2013	15:28:10	5,027813E-06	5,028750E-06	22,7
17/07/2013	15:28:30	5,027500E-06	5,028750E-06	22,7
17/07/2013	15:28:50	5,028125E-06	5,028750E-06	22,7
17/07/2013	15:29:10	5,027813E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:29:32	5,027813E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:29:50	5,027813E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:30:10	5,027813E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:30:30	5,027813E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:30:50	5,027813E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:31:10	5,027187E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:31:30	5,027187E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:31:50	5,026563E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:32:10	5,026875E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:32:50	5,023125E-06	5,028750E-06	22,8

17/07/2013	15:33:10	5,023750E-06	5,020937E-06	22,8
17/07/2013	15:33:30	5,023125E-06	5,020625E-06	22,8
17/07/2013	15:33:50	5,023750E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:34:10	5,023125E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:34:32	5,027187E-06	5,028750E-06	22,8
17/07/2013	15:34:50	5,027500E-06	5,028438E-06	22,8
17/07/2013	15:35:10	5,023125E-06	5,020937E-06	22,8
17/07/2013	15:35:30	5,023125E-06	5,020937E-06	22,8
17/07/2013	15:35:50	5,022500E-06	5,020937E-06	22,9
17/07/2013	15:36:30	5,023750E-06	5,028438E-06	22,9
17/07/2013	15:37:10	5,023750E-06	5,020937E-06	22,9
17/07/2013	15:37:31	5,023438E-06	5,020937E-06	22,9
17/07/2013	15:37:51	5,022813E-06	5,020937E-06	22,9
17/07/2013	15:38:10	5,022813E-06	5,020937E-06	22,9
17/07/2013	15:38:30	5,022500E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:38:52	5,022500E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:39:10	5,022187E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:39:33	5,022500E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:39:50	5,022500E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:40:10	5,022500E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:40:31	5,022500E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:40:45	5,022500E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:41:10	5,022187E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:41:30	5,022187E-06	5,020313E-06	22,9
17/07/2013	15:41:49	5,021875E-06	5,020625E-06	22,9
17/07/2013	15:42:10	5,021875E-06	5,020625E-06	22,9
18/07/2013	10:09:59	5,021875E-06	5,020937E-06	23
18/07/2013	10:11:41	5,021875E-06	5,020937E-06	23
18/07/2013	10:12:16	5,021875E-06	5,020625E-06	23
18/07/2013	10:12:46	5,021563E-06	5,020937E-06	23
18/07/2013	10:13:06	5,021875E-06	5,020937E-06	23
18/07/2013	10:13:26	5,021563E-06	5,020937E-06	23
18/07/2013	10:14:06	5,022187E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:14:27	5,021875E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:14:46	5,022187E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:15:06	5,022187E-06	5,021250E-06	23,1
18/07/2013	10:15:28	5,022187E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:15:46	5,022813E-06	5,021250E-06	23,1
18/07/2013	10:16:06	5,022500E-06	5,021250E-06	23,1
18/07/2013	10:16:26	5,022500E-06	5,021250E-06	23,1
18/07/2013	10:16:46	5,022187E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:17:06	5,022500E-06	5,021250E-06	23,1
18/07/2013	10:17:26	5,021875E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:17:46	5,022187E-06	5,021250E-06	23,1
18/07/2013	10:18:06	5,021875E-06	5,020937E-06	23,1

18/07/2013	10:18:27	5,021875E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:18:47	5,022187E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:19:06	5,021875E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:19:26	5,022187E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:19:46	5,022187E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:20:06	5,021875E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:21:31	5,022187E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:21:46	5,021875E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:22:06	5,021875E-06	5,020937E-06	23,1
18/07/2013	10:22:46	5,021875E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:23:06	5,021875E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:23:28	5,021875E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:24:27	5,021563E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:25:06	5,021250E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:25:54	5,021563E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:26:15	5,021250E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:26:31	5,021563E-06	5,020625E-06	23,1
18/07/2013	10:27:06	5,021875E-06	5,020625E-06	23,2
18/07/2013	10:27:26	5,021875E-06	5,020625E-06	23,2
18/07/2013	10:27:51	5,021563E-06	5,020625E-06	23,2
18/07/2013	10:28:30	5,021250E-06	5,020625E-06	23,2
18/07/2013	10:28:56	5,021875E-06	5,020625E-06	23,2
18/07/2013	10:29:26	5,021875E-06	5,020625E-06	23,2
18/07/2013	10:29:46	5,021563E-06	5,020625E-06	23,2
18/07/2013	10:30:06	5,021250E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:30:26	5,021875E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:30:46	5,021563E-06	5,020625E-06	23,2
18/07/2013	10:31:06	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:31:29	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:31:46	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:32:06	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:32:46	5,021250E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:33:06	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:33:27	5,021875E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:33:46	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:34:06	5,021875E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:34:26	5,021250E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:35:06	5,021875E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:35:28	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:35:49	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:36:26	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:36:46	5,021875E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:37:07	5,021250E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:37:26	5,021250E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:37:51	5,021563E-06	5,020313E-06	23,2

18/07/2013	10:38:26	5,021250E-06	5,020313E-06	23,2
18/07/2013	10:38:50	5,020937E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:39:26	5,021563E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:39:47	5,021250E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:40:06	5,021563E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:40:27	5,021250E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:40:46	5,021250E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:41:06	5,021875E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:41:26	5,021563E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:41:46	5,021875E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:42:06	5,021563E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:42:26	5,021563E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:42:47	5,021250E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:43:06	5,021875E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:43:27	5,021250E-06	5,020313E-06	23,3
18/07/2013	10:43:46	5,021563E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:44:06	5,020937E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:44:26	5,021250E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:44:46	5,021563E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:45:07	5,021250E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:45:26	5,021250E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:46:46	5,020937E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:47:27	5,020000E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:47:46	5,020313E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:48:06	5,020625E-06	5,019688E-06	23,3
18/07/2013	10:48:27	5,019375E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:48:46	5,020625E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:49:26	5,021250E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:49:47	5,020313E-06	5,020000E-06	23,3
18/07/2013	10:50:06	5,019375E-06	5,019688E-06	23,3
18/07/2013	10:50:37	5,020313E-06	5,020000E-06	23,4
18/07/2013	10:51:06	5,020000E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:51:26	5,020313E-06	5,020000E-06	23,4
18/07/2013	10:51:46	5,020937E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:52:06	5,020313E-06	5,020000E-06	23,4
18/07/2013	10:52:28	5,021250E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:52:47	5,020313E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:53:07	5,020000E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:53:26	5,020937E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:53:46	5,021563E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:54:06	5,019688E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:54:27	5,018438E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:54:47	5,017813E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:55:06	5,017813E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:55:27	5,019062E-06	5,019688E-06	23,4

18/07/2013	10:55:46	5,020313E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:56:09	5,017813E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:56:26	5,018125E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:56:46	5,017500E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:57:06	5,018125E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:57:33	5,019062E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:58:06	5,018438E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:58:26	5,017500E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:58:46	5,017187E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:59:07	5,017813E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:59:26	5,017500E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	10:59:46	5,017813E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	11:01:05	5,017813E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	11:01:46	5,017813E-06	5,019688E-06	23,4
18/07/2013	11:02:06	5,017813E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:02:46	5,018438E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:03:26	5,018438E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:03:46	5,018438E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:04:06	5,018125E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:04:28	5,017500E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:05:06	5,018125E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:05:26	5,017500E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:05:54	5,017813E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:06:24	5,018125E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:06:48	5,018750E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:07:08	5,019375E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:07:27	5,017813E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:07:56	5,017813E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:08:26	5,017813E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:08:46	5,017500E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:09:06	5,018125E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:09:26	5,017813E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:10:06	5,017500E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:10:28	5,017187E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:11:11	5,017813E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:11:29	5,018750E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:11:50	5,017187E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:12:12	5,017500E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:12:50	5,017813E-06	5,019688E-06	23,5
18/07/2013	11:13:15	5,017500E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:13:48	5,017500E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:14:10	5,017187E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:14:26	5,017500E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:14:46	5,017500E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:15:06	5,017500E-06	5,019688E-06	23,6

18/07/2013	11:15:46	5,017187E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:16:13	5,017187E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:16:46	5,018125E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:17:12	5,017500E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:17:34	5,017813E-06	5,019688E-06	23,6
18/07/2013	11:18:01	5,017500E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:18:22	5,017187E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:18:42	5,017813E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:19:10	5,017187E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:19:26	5,017813E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:19:56	5,017187E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:20:30	5,017813E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:21:03	5,017500E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:21:26	5,017187E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:21:54	5,017500E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:22:08	5,017813E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:22:32	5,017187E-06	5,019375E-06	23,6
18/07/2013	11:22:49	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:23:06	5,017813E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:23:26	5,017187E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:23:44	5,017813E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:24:07	5,017187E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:24:34	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:24:46	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:25:17	5,017813E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:25:36	5,017813E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:26:01	5,017187E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:26:16	5,017813E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:27:09	5,017813E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:27:28	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:27:46	5,017187E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:28:06	5,017187E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:28:27	5,017187E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:28:52	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:29:26	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:29:46	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:30:06	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:30:28	5,017813E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:30:46	5,017813E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:31:06	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:31:27	5,017813E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:31:47	5,017500E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:32:06	5,016875E-06	5,019375E-06	23,7
18/07/2013	11:32:26	5,017500E-06	5,019375E-06	23,8
18/07/2013	11:32:46	5,017500E-06	5,019375E-06	23,8

18/07/2013	11:33:06	5,017500E-06	5,019375E-06	23,8
18/07/2013	11:33:26	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:33:47	5,017813E-06	5,019375E-06	23,8
18/07/2013	11:34:06	5,017813E-06	5,019375E-06	23,8
18/07/2013	11:34:26	5,017813E-06	5,019375E-06	23,8
18/07/2013	11:34:46	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:35:06	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:35:26	5,017500E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:35:46	5,017187E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:36:07	5,018125E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:36:26	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:36:46	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:37:07	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:37:26	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:37:46	5,017187E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:38:06	5,018125E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:38:26	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:38:46	5,017500E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:39:06	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:39:26	5,017500E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:39:46	5,018125E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:40:06	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:40:26	5,017500E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:40:46	5,017813E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:41:06	5,017500E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:41:27	5,018125E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:41:46	5,018125E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:42:06	5,017500E-06	5,019062E-06	23,8
18/07/2013	11:42:27	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:42:47	5,017500E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:43:06	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:43:27	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:43:46	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:44:06	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:44:27	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:44:47	5,017500E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:45:07	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:45:28	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:46:06	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:46:27	5,018438E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:46:53	5,017500E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:47:09	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:47:27	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:47:46	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:48:06	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9

18/07/2013	11:48:26	5,017500E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:48:47	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:49:06	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:49:26	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:49:46	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:50:06	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:50:26	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:50:46	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:51:07	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:51:27	5,018125E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:51:47	5,017813E-06	5,019062E-06	23,9
18/07/2013	11:52:06	5,017813E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:52:26	5,017813E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:52:47	5,017813E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:53:06	5,017813E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:53:27	5,017813E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:53:46	5,016563E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:54:09	5,017813E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:54:26	5,017500E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:54:46	5,017500E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:55:06	5,017813E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:55:27	5,017813E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:55:46	5,017813E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:56:07	5,018125E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:56:27	5,018125E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:56:49	5,017813E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:57:07	5,017813E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:57:26	5,018125E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:57:46	5,017813E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:58:06	5,018125E-06	5,019062E-06	24
18/07/2013	11:58:25	5,017187E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:59:06	5,017813E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:59:26	5,017500E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	11:59:46	5,018125E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	12:00:06	5,018125E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	12:00:26	5,018125E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	12:00:46	5,017500E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	12:01:06	5,017500E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	12:01:27	5,017500E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	12:01:46	5,018125E-06	5,018750E-06	24
18/07/2013	12:02:06	5,017500E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:02:28	5,017500E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:02:48	5,018125E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:03:06	5,017813E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:03:27	5,018125E-06	5,018750E-06	24,1

18/07/2013	12:03:46	5,018438E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:04:07	5,017500E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:04:27	5,017813E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:04:46	5,017813E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:05:06	5,017813E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:05:26	5,017500E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:05:47	5,018125E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:06:07	5,017500E-06	5,018438E-06	24,1
18/07/2013	12:06:30	5,017187E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:06:48	5,017813E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:07:06	5,018125E-06	5,018438E-06	24,1
18/07/2013	12:07:26	5,018125E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:07:46	5,018125E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:08:06	5,018438E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:08:47	5,017813E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:09:10	5,017500E-06	5,018750E-06	24,1
18/07/2013	12:30:57	5,012188E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:31:26	5,012188E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:31:46	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:32:07	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:32:27	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:32:46	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:33:06	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:33:26	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:33:46	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:34:12	5,012812E-06	5,011250E-06	24,4
18/07/2013	12:34:52	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:35:06	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:35:26	5,012188E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:36:06	5,012188E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:36:26	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:36:46	5,011875E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:37:08	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:37:28	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:37:46	5,012500E-06	5,010937E-06	24,4
18/07/2013	12:38:06	5,012188E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:38:28	5,012188E-06	5,010937E-06	24,5
18/07/2013	12:38:46	5,012188E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:39:06	5,012188E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:39:26	5,012188E-06	5,010937E-06	24,5
18/07/2013	12:39:46	5,012500E-06	5,010937E-06	24,5
18/07/2013	12:40:07	5,012188E-06	5,010937E-06	24,5
18/07/2013	12:40:27	5,012188E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:40:47	5,012188E-06	5,010937E-06	24,5
18/07/2013	12:41:07	5,012188E-06	5,010625E-06	24,5

18/07/2013	12:41:37	5,012500E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:41:55	5,012188E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:42:10	5,011875E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:42:27	5,012188E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:42:47	5,011875E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:43:06	5,011875E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:43:28	5,012188E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:43:47	5,011875E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:44:07	5,011875E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:44:27	5,011875E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:44:46	5,011875E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:45:06	5,011875E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:45:28	5,011875E-06	5,010625E-06	24,5
18/07/2013	12:45:46	5,011875E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:46:26	5,011875E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:46:46	5,011563E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:47:07	5,011563E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:47:26	5,011250E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:47:46	5,011563E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:48:06	5,011563E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:48:26	5,011875E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:48:46	5,011563E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:49:08	5,011563E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:49:30	5,011875E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:49:46	5,012188E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:50:07	5,011875E-06	5,010313E-06	24,5
18/07/2013	12:50:26	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:50:46	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:51:06	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:51:26	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:51:47	5,011875E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:52:07	5,010937E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:52:26	5,011563E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:52:48	5,011563E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:53:06	5,011563E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:53:26	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:53:46	5,011875E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:54:06	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:54:27	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:54:37	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:54:46	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:55:06	5,011875E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:55:26	5,011875E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:55:46	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:56:06	5,011563E-06	5,010313E-06	24,6

18/07/2013	12:56:26	5,012188E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:56:46	5,011563E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:57:06	5,011875E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:57:26	5,011563E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:57:46	5,012188E-06	5,010625E-06	24,6
18/07/2013	12:58:07	5,011875E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:58:28	5,011250E-06	5,010313E-06	24,6
18/07/2013	12:58:46	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	12:59:06	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	12:59:26	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	12:59:46	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:00:06	5,011250E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:00:26	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:00:46	5,011250E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:01:06	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:01:27	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:01:46	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:02:06	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:02:26	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:02:46	5,011250E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:03:06	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:03:31	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:03:46	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:04:07	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:04:27	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:04:47	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:05:06	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:05:26	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:05:46	5,011875E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:06:08	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:06:26	5,011563E-06	5,010313E-06	24,7
18/07/2013	13:06:46	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:07:06	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:07:26	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:08:09	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:08:29	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:08:47	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:09:26	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:09:47	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:10:06	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:10:28	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:10:47	5,010937E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:11:06	5,011250E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:11:27	5,011563E-06	5,010313E-06	24,8
18/07/2013	13:11:46	5,011250E-06	5,010000E-06	24,8

18/07/2013	13:12:07	5,011563E-06	5,010000E-06	24,8
18/07/2013	13:12:29	5,010937E-06	5,010000E-06	24,8
18/07/2013	13:12:46	5,011563E-06	5,010000E-06	24,8
18/07/2013	13:13:06	5,010937E-06	5,010000E-06	24,8
18/07/2013	13:13:26	5,011250E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:13:46	5,011563E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:14:06	5,011563E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:14:27	5,011250E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:14:46	5,011250E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:15:06	5,011250E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:15:32	5,010937E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:15:46	5,010937E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:16:06	5,011250E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:16:26	5,011563E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:16:47	5,011563E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:17:06	5,011250E-06	5,010000E-06	24,9
18/07/2013	13:17:26	5,010000E-06	5,009688E-06	24,9
18/07/2013	13:17:46	5,011250E-06	5,009688E-06	24,9
18/07/2013	13:18:06	5,010937E-06	5,009688E-06	24,9
18/07/2013	13:18:26	5,007500E-06	5,009688E-06	24,9
18/07/2013	13:19:06	5,007500E-06	5,009688E-06	24,9
18/07/2013	13:19:27	5,010937E-06	5,009688E-06	24,9
18/07/2013	13:19:46	5,008125E-06	5,009688E-06	24,9
18/07/2013	13:20:06	5,007500E-06	5,009688E-06	24,9
18/07/2013	13:20:26	5,008125E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:20:47	5,008438E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:21:07	5,008438E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:21:29	5,007812E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:22:06	5,007188E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:22:26	5,007812E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:22:46	5,007500E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:23:06	5,007500E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:23:26	5,007188E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:23:46	5,007812E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:24:07	5,007500E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:24:26	5,007500E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:24:36	5,007500E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:24:46	5,007500E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:25:05	5,007500E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:25:26	5,007500E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:25:46	5,007812E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:26:06	5,007500E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:26:26	5,007812E-06	5,009688E-06	25
18/07/2013	13:26:46	5,007500E-06	5,009375E-06	25
18/07/2013	13:27:06	5,007812E-06	5,009688E-06	25

18/07/2013	13:27:26	5,007812E-06	5,009375E-06	25
18/07/2013	13:27:46	5,007188E-06	5,009375E-06	25
18/07/2013	13:28:06	5,007812E-06	5,009375E-06	25
18/07/2013	13:28:26	5,007500E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:28:46	5,007500E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:29:03	5,007500E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:29:26	5,007812E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:29:46	5,008125E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:30:06	5,007812E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:30:27	5,007500E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:31:06	5,007812E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:31:27	5,007812E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:31:50	5,007188E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:32:07	5,007812E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:32:27	5,007812E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:32:46	5,007500E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:33:07	5,007500E-06	5,009375E-06	25,1
18/07/2013	13:33:46	5,007500E-06	5,009062E-06	25,1
18/07/2013	13:34:07	5,007812E-06	5,009062E-06	25,1
18/07/2013	13:34:29	5,007812E-06	5,009062E-06	25,1
18/07/2013	13:34:46	5,008125E-06	5,009062E-06	25,1
18/07/2013	13:35:06	5,007812E-06	5,009062E-06	25,1
18/07/2013	13:35:26	5,007812E-06	5,009062E-06	25,1
18/07/2013	13:35:46	5,007812E-06	5,009062E-06	25,1
18/07/2013	13:36:07	5,007812E-06	5,009062E-06	25,2
18/07/2013	13:36:27	5,007812E-06	5,009062E-06	25,2
18/07/2013	13:36:46	5,007500E-06	5,009062E-06	25,2
18/07/2013	13:37:26	5,007812E-06	5,009062E-06	25,2
18/07/2013	13:37:46	5,007812E-06	5,009062E-06	25,2
18/07/2013	13:38:26	5,007500E-06	5,009062E-06	25,2
18/07/2013	13:47:00	5,006563E-06	5,007812E-06	25,3
18/07/2013	13:47:32	5,007500E-06	5,008125E-06	25,3
18/07/2013	13:47:46	5,007188E-06	5,008125E-06	25,3
18/07/2013	13:48:06	5,007500E-06	5,007812E-06	25,3
18/07/2013	13:48:26	5,007188E-06	5,008125E-06	25,3
18/07/2013	13:48:47	5,007188E-06	5,008438E-06	25,3
18/07/2013	13:49:08	5,006875E-06	5,008125E-06	25,3
18/07/2013	13:49:27	5,006875E-06	5,008125E-06	25,3
18/07/2013	13:50:06	5,007500E-06	5,008125E-06	25,3
18/07/2013	13:50:26	5,007500E-06	5,008125E-06	25,3
18/07/2013	13:50:46	5,007500E-06	5,008438E-06	25,3
18/07/2013	13:51:04	5,007500E-06	5,008438E-06	25,4
18/07/2013	13:51:19	5,007500E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:51:51	5,007500E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:52:06	5,008125E-06	5,008125E-06	25,4

18/07/2013	13:52:26	5,007500E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:52:46	5,007500E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:52:57	5,007812E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:53:08	5,007500E-06	5,008438E-06	25,4
18/07/2013	13:53:26	5,007500E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:53:47	5,007500E-06	5,008438E-06	25,4
18/07/2013	13:54:07	5,007500E-06	5,008438E-06	25,4
18/07/2013	13:54:27	5,007188E-06	5,008438E-06	25,4
18/07/2013	13:54:46	5,007500E-06	5,008438E-06	25,4
18/07/2013	13:55:06	5,007500E-06	5,008438E-06	25,4
18/07/2013	13:55:27	5,007500E-06	5,008438E-06	25,4
18/07/2013	13:55:46	5,007188E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:56:07	5,007188E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:56:26	5,007500E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:56:49	5,006875E-06	5,008125E-06	25,4
18/07/2013	13:57:07	5,007188E-06	5,007812E-06	25,4
18/07/2013	13:57:26	5,007812E-06	5,007812E-06	25,4
18/07/2013	13:57:46	5,007188E-06	5,007812E-06	25,4
18/07/2013	13:58:07	5,007812E-06	5,007812E-06	25,4
18/07/2013	13:58:26	5,007500E-06	5,007500E-06	25,4
18/07/2013	13:58:47	5,007188E-06	5,007500E-06	25,4
18/07/2013	13:59:07	5,007500E-06	5,007500E-06	25,5
18/07/2013	13:59:28	5,006875E-06	5,007812E-06	25,5
18/07/2013	13:59:47	5,007188E-06	5,007812E-06	25,5
18/07/2013	14:00:13	5,006875E-06	5,007500E-06	25,5
18/07/2013	14:00:27	5,006250E-06	5,007500E-06	25,5
18/07/2013	14:00:47	5,006563E-06	5,007812E-06	25,5
18/07/2013	14:01:07	5,005937E-06	5,007500E-06	25,5
18/07/2013	14:01:26	5,007188E-06	5,007812E-06	25,5
18/07/2013	14:01:46	5,006250E-06	5,007500E-06	25,5
18/07/2013	14:02:07	5,005625E-06	5,007500E-06	25,5
18/07/2013	14:02:27	5,006250E-06	5,007500E-06	25,5
18/07/2013	14:02:46	5,004375E-06	5,007500E-06	25,5
18/07/2013	14:03:06	5,003750E-06	5,007812E-06	25,5
18/07/2013	14:03:27	5,004375E-06	5,007500E-06	25,5
18/07/2013	14:03:47	5,004688E-06	5,006875E-06	25,5
18/07/2013	14:04:06	5,003750E-06	5,007188E-06	25,5
18/07/2013	14:04:27	5,005313E-06	5,007188E-06	25,5
18/07/2013	14:04:47	5,004375E-06	5,006875E-06	25,5
18/07/2013	14:05:06	5,005000E-06	5,006875E-06	25,5
18/07/2013	14:05:29	5,004375E-06	5,006563E-06	25,5
18/07/2013	14:05:47	5,004062E-06	5,002500E-06	25,5
18/07/2013	14:06:06	5,003438E-06	5,002188E-06	25,5
18/07/2013	14:06:28	5,003438E-06	5,002500E-06	25,5
18/07/2013	14:06:46	5,003438E-06	5,002188E-06	25,6

18/07/2013	14:07:06	5,003438E-06	5,001875E-06	25,6
18/07/2013	14:07:27	5,002812E-06	5,001875E-06	25,6
18/07/2013	14:07:47	5,003438E-06	5,001875E-06	25,6
18/07/2013	14:08:08	5,003125E-06	5,001563E-06	25,6
18/07/2013	14:08:27	5,002812E-06	5,001875E-06	25,6
18/07/2013	14:08:46	5,002812E-06	5,001875E-06	25,6
18/07/2013	14:09:07	5,003125E-06	5,001875E-06	25,6
18/07/2013	14:09:27	5,002812E-06	5,001563E-06	25,6
18/07/2013	14:09:46	5,002500E-06	5,001563E-06	25,6
18/07/2013	14:10:07	5,002500E-06	5,001563E-06	25,6
18/07/2013	14:10:27	5,002500E-06	5,001563E-06	25,6
18/07/2013	14:10:47	5,002812E-06	5,001250E-06	25,6
18/07/2013	14:11:07	5,002500E-06	5,001563E-06	25,6
18/07/2013	14:11:26	5,002500E-06	5,001563E-06	25,6
18/07/2013	14:11:47	5,002500E-06	5,001250E-06	25,6
18/07/2013	14:12:07	5,002188E-06	5,001250E-06	25,6
18/07/2013	14:12:27	5,002188E-06	5,000937E-06	25,6
18/07/2013	14:12:51	5,002500E-06	5,001250E-06	25,6
18/07/2013	14:13:27	5,002188E-06	5,001250E-06	25,6
18/07/2013	14:13:46	5,002188E-06	5,001250E-06	25,6
18/07/2013	14:14:07	5,002188E-06	5,001250E-06	25,6
18/07/2013	14:14:27	5,002188E-06	5,001250E-06	25,6
18/07/2013	14:14:46	5,002500E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:15:06	5,002188E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:15:27	5,001875E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:15:47	5,002188E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:16:06	5,002188E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:16:32	5,001875E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:16:47	5,002188E-06	5,000937E-06	25,7
18/07/2013	14:17:06	5,002188E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:17:26	5,002188E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:17:46	5,002188E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:18:07	5,002188E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:18:26	5,002500E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:19:07	5,002188E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:19:28	5,001875E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:19:52	5,001875E-06	5,000937E-06	25,7
18/07/2013	14:20:29	5,001875E-06	5,000937E-06	25,7
18/07/2013	14:20:47	5,001875E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:21:07	5,001875E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:21:27	5,001875E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:21:48	5,001875E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:22:08	5,001875E-06	5,001250E-06	25,7
18/07/2013	14:22:27	5,001563E-06	5,000937E-06	25,7
18/07/2013	14:22:47	5,001875E-06	5,000937E-06	25,7

18/07/2013	14:23:15	5,001250E-06	5,000937E-06	25,8
18/07/2013	14:23:47	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:24:07	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:24:27	5,001250E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:24:47	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:25:07	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:25:28	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:25:47	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:26:07	5,000937E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:26:27	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:26:47	5,001250E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:27:07	5,001250E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:27:26	5,001250E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:27:47	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:28:07	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:28:27	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:28:47	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:29:08	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:29:27	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:29:47	5,001563E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:30:07	5,000937E-06	5,000625E-06	25,8
18/07/2013	14:30:26	5,000937E-06	5,000313E-06	25,8
18/07/2013	14:30:47	5,001250E-06	5,000313E-06	25,8
18/07/2013	14:31:07	5,001875E-06	5,000313E-06	25,8
18/07/2013	14:31:37	5,001250E-06	5,000313E-06	25,9
18/07/2013	14:32:07	5,001563E-06	5,000313E-06	25,9
18/07/2013	14:32:27	5,000625E-06	5,000313E-06	25,9
18/07/2013	14:32:46	5,000937E-06	5,000313E-06	25,9
18/07/2013	14:33:07	5,000625E-06	5,000313E-06	25,9
18/07/2013	14:33:27	5,001250E-06	5,000313E-06	25,9
18/07/2013	14:33:49	5,001250E-06	5,000313E-06	25,9
18/07/2013	14:34:07	5,000625E-06	5,000313E-06	25,9
18/07/2013	14:34:26	5,001250E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:34:47	5,000313E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:35:07	5,000937E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:35:28	5,000313E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:36:07	5,000313E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:36:27	4,999687E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:36:47	5,000625E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:37:17	4,999375E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:37:46	4,999687E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:38:09	5,000313E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:38:27	5,000313E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:38:46	5,000625E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:39:09	5,000625E-06	5,000000E-06	25,9

18/07/2013	14:39:28	5,000313E-06	5,000000E-06	25,9
18/07/2013	14:40:33	5,000313E-06	5,000000E-06	26
18/07/2013	14:41:07	4,999687E-06	4,999687E-06	26
18/07/2013	14:41:31	4,998438E-06	4,999687E-06	26
18/07/2013	14:41:48	4,997500E-06	4,999687E-06	26
18/07/2013	14:42:06	4,998750E-06	4,999687E-06	26
18/07/2013	14:42:26	4,997812E-06	4,999687E-06	26
18/07/2013	14:42:46	4,997188E-06	4,999687E-06	26
18/07/2013	14:43:07	4,998438E-06	4,999687E-06	26
18/07/2013	14:43:27	4,998438E-06	4,999687E-06	26

7.4 Apêndice III

Dados do tempo de percurso da onda ultrassônica em soluções de ácido-bórico com concentrações de 0,100,400 e 1000 PPM em temperatura fixa

		H2O		
Data	Hora	Tempo med. 30 Pts	Cor. Cruzada	Temperatura
13/11/2013	12:10:04	2,682750E-05	2,668094E-05	22,9
13/11/2013	12:11:07	2,682781E-05	2,668188E-05	22,9
13/11/2013	12:12:01	2,682813E-05	2,668219E-05	23
13/11/2013	12:13:15	2,682781E-05	2,668250E-05	23
13/11/2013	12:14:03	2,682781E-05	2,668188E-05	23
13/11/2013	12:14:44	2,682750E-05	2,668219E-05	23
13/11/2013	12:15:23	2,682781E-05	2,668094E-05	23
13/11/2013	12:16:32	2,682719E-05	2,668000E-05	23
13/11/2013	12:17:29	2,682688E-05	2,668031E-05	23
13/11/2013	12:18:46	2,682750E-05	2,668125E-05	23
13/11/2013	12:19:42	2,682750E-05	2,668156E-05	23
13/11/2013	12:20:38	2,682750E-05	2,668125E-05	23
13/11/2013	12:22:12	2,682688E-05	2,667969E-05	23
13/11/2013	12:23:20	2,682688E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	12:24:04	2,681875E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	12:25:06	2,668000E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	12:25:54	2,681906E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	12:26:50	2,682656E-05	2,667906E-05	23
13/11/2013	12:27:36	2,682656E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	12:28:30	2,682656E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	12:29:20	2,682656E-05	2,667969E-05	23
13/11/2013	12:30:18	2,682719E-05	2,668031E-05	22,9
13/11/2013	12:31:41	2,682719E-05	2,668031E-05	22,9
13/11/2013	12:32:27	2,682688E-05	2,668031E-05	22,9
13/11/2013	12:33:15	2,668094E-05	2,668063E-05	22,9
13/11/2013	12:33:43	2,682750E-05	2,668063E-05	22,9

13/11/2013	12:34:16	2,682750E-05	2,668063E-05	22,9
13/11/2013	12:35:06	2,682750E-05	2,668094E-05	22,9
13/11/2013	12:36:02	2,668094E-05	2,668094E-05	22,9
		100PPM		
13/11/2013	12:42:42	2,682750E-05	2,667969E-05	23
13/11/2013	12:43:35	2,682719E-05	2,668000E-05	23
13/11/2013	12:44:20	2,682750E-05	2,668094E-05	23
13/11/2013	12:45:06	2,682781E-05	2,668188E-05	23
13/11/2013	12:46:10	2,682813E-05	2,668250E-05	23
13/11/2013	12:46:53	2,682813E-05	2,668219E-05	23
13/11/2013	12:48:23	2,682750E-05	2,668063E-05	23
13/11/2013	12:49:10	2,682750E-05	2,668031E-05	23
13/11/2013	12:50:02	2,682719E-05	2,668031E-05	23
13/11/2013	12:51:04	2,682719E-05	2,667969E-05	23
13/11/2013	12:51:38	2,682719E-05	2,667969E-05	23
13/11/2013	12:52:28	2,667250E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	12:53:01	2,682719E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	12:53:38	2,682656E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	12:54:41	2,681875E-05	2,667906E-05	23
13/11/2013	12:55:46	2,681875E-05	2,667906E-05	23
13/11/2013	12:56:30	2,681875E-05	2,667875E-05	23
13/11/2013	12:58:04	2,682688E-05	2,667906E-05	23
13/11/2013	12:59:09	2,682656E-05	2,667875E-05	23
13/11/2013	12:59:43	2,667250E-05	2,667875E-05	23
13/11/2013	13:00:17	2,682625E-05	2,667906E-05	23
13/11/2013	13:01:12	2,667250E-05	2,667906E-05	23
13/11/2013	13:01:45	2,682688E-05	2,667906E-05	23
13/11/2013	13:03:29	2,682656E-05	2,667906E-05	23
13/11/2013	13:04:06	2,681938E-05	2,667906E-05	23
13/11/2013	13:04:26	2,682688E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	13:05:02	2,682688E-05	2,667938E-05	23
13/11/2013	13:05:38	2,682719E-05	2,667969E-05	23
13/11/2013	13:06:17	2,682719E-05	2,667969E-05	23
13/11/2013	13:06:50	2,682719E-05	2,668000E-05	23
13/11/2013	13:07:25	2,682688E-05	2,668000E-05	23
13/11/2013	13:08:01	2,682750E-05	2,668031E-05	23
13/11/2013	13:08:38	2,682750E-05	2,668031E-05	
	400PPM			
13/11/2013	13:18:34	2,680875E-05	2,666938E-05	23
13/11/2013	13:20:05	2,680844E-05	2,666688E-05	23
13/11/2013	13:20:38	2,680875E-05	2,666750E-05	23
13/11/2013	13:21:09	2,680906E-05	2,666781E-05	23
13/11/2013	13:21:53	2,680906E-05	2,666813E-05	23

13/11/2013	13:22:36	2,681750E-05	2,666938E-05	23
13/11/2013	13:23:13	2,666281E-05	2,666969E-05	23
13/11/2013	13:24:01	2,680875E-05	2,666969E-05	23
13/11/2013	13:24:42	2,681688E-05	2,666969E-05	23
13/11/2013	13:25:21	2,681750E-05	2,666969E-05	23
13/11/2013	13:26:05	2,681719E-05	2,666969E-05	23
13/11/2013	13:26:41	2,680906E-05	2,666938E-05	23
13/11/2013	13:27:21	2,680906E-05	2,666875E-05	23
13/11/2013	13:28:01	2,680875E-05	2,666844E-05	23
13/11/2013	13:28:40	2,680875E-05	2,666813E-05	23
13/11/2013	13:29:23	2,680906E-05	2,666844E-05	23
13/11/2013	13:30:01	2,680906E-05	2,666875E-05	23
13/11/2013	13:30:41	2,681750E-05	2,666938E-05	23
13/11/2013	13:31:21	2,681719E-05	2,667000E-05	23
13/11/2013	13:32:01	2,681750E-05	2,667031E-05	23
13/11/2013	13:32:48	2,681750E-05	2,667031E-05	23
13/11/2013	13:33:42	2,680906E-05	2,666938E-05	23
13/11/2013	13:34:21	2,680875E-05	2,666875E-05	23
13/11/2013	13:35:17	2,680844E-05	2,666781E-05	23
13/11/2013	13:36:01	2,680875E-05	2,666719E-05	23
13/11/2013	13:37:02	2,680906E-05	2,666781E-05	23
13/11/2013	13:37:42	2,680906E-05	2,666875E-05	23
13/11/2013	13:38:22	2,681719E-05	2,666938E-05	23
13/11/2013	13:39:01	2,681719E-05	2,667000E-05	23
13/11/2013	13:39:41	2,681719E-05	2,667031E-05	23
13/11/2013	13:40:30	2,681750E-05	2,667000E-05	23
13/11/2013	13:40:53	2,680875E-05	2,666969E-05	23
	1000PPM			
13/11/2013	13:47:45	2,680813E-05	2,666313E-05	23
13/11/2013	13:48:23	2,666188E-05	2,666438E-05	23
13/11/2013	13:49:20	2,680813E-05	2,666313E-05	23
13/11/2013	13:50:01	2,666156E-05	2,666250E-05	23
13/11/2013	13:50:49	2,679875E-05	2,666188E-05	23
13/11/2013	13:51:30	2,680781E-05	2,666188E-05	23
13/11/2013	13:52:11	2,680813E-05	2,666125E-05	23
13/11/2013	13:52:57	2,680813E-05	2,666156E-05	23
13/11/2013	13:53:37	2,680781E-05	2,666094E-05	23
13/11/2013	13:55:14	2,680781E-05	2,666063E-05	23
13/11/2013	13:55:54	2,680781E-05	2,666063E-05	23
13/11/2013	13:56:35	2,679844E-05	2,666094E-05	23
13/11/2013	13:57:11	2,680750E-05	2,666063E-05	23
13/11/2013	13:57:50	2,680750E-05	2,666031E-05	23
13/11/2013	13:58:16	2,680750E-05	2,665938E-05	23
13/11/2013	13:58:53	2,679813E-05	2,665938E-05	23

13/11/2013	13:59:35	2,679813E-05	2,665938E-05	23
13/11/2013	14:00:14	2,679813E-05	2,665969E-05	23
13/11/2013	14:00:54	2,679844E-05	2,666000E-05	23
13/11/2013	14:01:40	2,679813E-05	2,666063E-05	23
13/11/2013	14:02:31	2,679813E-05	2,666125E-05	23
13/11/2013	14:03:10	2,680781E-05	2,666156E-05	23
13/11/2013	14:03:45	2,680750E-05	2,666156E-05	23
13/11/2013	14:04:26	2,679781E-05	2,666063E-05	23
13/11/2013	14:05:02	2,679813E-05	2,666000E-05	23
13/06/2013	14:05:43	2,679844E-05	2,665938E-05	23
13/06/2013	14:06:22	2,679813E-05	2,665938E-05	23
13/11/2013	14:07:01	2,679813E-05	2,665969E-05	23
13/11/2013	14:07:40	2,680781E-05	2,666031E-05	23
13/11/2013	14:08:19	2,679844E-05	2,666094E-05	23

7.5 Apêndice IV

Dados do tempo de percurso da onda ultrassônica para solução de ácido bórico saturada e água destilada no tudo de aço inoxidável

Temperatura	H2O	H3BO3
23,9	1,025875E-05	
23,9	1,026094E-05	
23,8	1,026031E-05	
23,8	1,026031E-05	
23,8	1,026063E-05	
23,8	1,026063E-05	
23,8	1,026125E-05	
23,8	1,026156E-05	
23,8	1,026219E-05	
23,7	1,026344E-05	
23,7	1,026406E-05	
23,7	1,026500E-05	
23,7	1,026594E-05	
23,7	1,026688E-05	
23,7	1,026781E-05	
23,6	1,026844E-05	
23,6	1,026844E-05	
23,6	1,026844E-05	
23,6	1,026844E-05	
23,6	1,026844E-05	
23,6	1,026813E-05	
23,6	1,026844E-05	

23,6	1,026906E-05	
23,6	1,026969E-05	
23,6	1,026969E-05	
23,6	1,027000E-05	
23,5	1,026969E-05	
23,5	1,026969E-05	
23,5	1,026969E-05	
23,5	1,027000E-05	
23,5	1,027031E-05	
23,5	1,027063E-05	
23,5	1,027063E-05	
23,4	1,027031E-05	
23,4	1,027031E-05	
23,4	1,027063E-05	
23,4	1,027156E-05	
23,4	1,027188E-05	
23,4	1,027156E-05	
23,4	1,027188E-05	
23,4	1,027125E-05	
23,3	1,027125E-05	1,020094E-05
23,3	1,027125E-05	1,020063E-05
23,3	1,027188E-05	1,020094E-05
23,3	1,027281E-05	1,020000E-05
23,3	1,027375E-05	1,020094E-05
23,3	1,027563E-05	1,020188E-05
23,3	1,027469E-05	
23,3	1,027344E-05	
23,3	1,027313E-05	
23,2	1,027406E-05	1,020219E-05
23,2	1,027688E-05	1,020250E-05
23,2	1,027750E-05	1,020219E-05
23,2	1,027781E-05	1,020250E-05
23,2	1,027750E-05	1,020313E-05
23,2	1,027750E-05	1,020344E-05
23,2	1,027750E-05	1,020375E-05
23,2	1,027750E-05	
23,2	1,027750E-05	
23,1	1,027813E-05	1,020469E-05
23,1	1,027875E-05	1,020500E-05
23,1	1,027875E-05	1,020563E-05
23,1	1,027875E-05	1,020656E-05
23,1	1,027875E-05	1,020625E-05
23,1	1,027875E-05	1,020656E-05
23,1	1,027875E-05	1,020688E-05
23	1,027906E-05	1,020719E-05

23	1,027969E-05	1,020719E-05
23	1,027969E-05	1,020719E-05
23	1,028000E-05	1,020750E-05
23	1,027969E-05	1,020750E-05
23	1,027969E-05	1,020750E-05
23	1,027969E-05	1,020781E-05
23	1,027969E-05	1,020781E-05
23		1,020813E-05
23		1,020813E-05
22,9	1,028031E-05	1,020875E-05
22,9	1,028063E-05	1,020875E-05
22,9	1,028063E-05	1,020875E-05
22,9	1,028000E-05	1,020906E-05
22,9	1,028000E-05	1,020938E-05
22,9	1,028031E-05	1,020969E-05
22,9	1,028063E-05	1,020969E-05
22,9	1,028094E-05	1,020969E-05
22,9	1,028125E-05	
22,9	1,028125E-05	
22,9	1,028156E-05	
22,9	1,028094E-05	
22,9	1,028125E-05	
22,9	1,028094E-05	
22,9	1,028125E-05	
22,9	1,028188E-05	
22,9	1,028250E-05	
22,9	1,028281E-05	
22,9	1,028250E-05	
22,8	1,028281E-05	1,021000E-05
22,8	1,028219E-05	1,021031E-05
22,8	1,028250E-05	1,021031E-05
22,8	1,028219E-05	
22,8	1,028281E-05	
22,8	1,028438E-05	
22,8	1,028625E-05	
22,8	1,028719E-05	
22,8	1,028688E-05	
22,8	1,028625E-05	
22,8	1,028563E-05	
22,8	1,028594E-05	
22,8	1,028750E-05	
22,8	1,028813E-05	
22,8	1,028813E-05	
22,8	1,028781E-05	
28,7	1,028750E-05	1,021063E-05

28,7	1,028719E-05	1,021094E-05
28,7	1,028719E-05	1,021156E-05
28,7	1,028813E-05	1,021219E-05
28,7	1,028844E-05	
28,7	1,028844E-05	
28,7	1,028813E-05	
28,7	1,028813E-05	
28,7	1,028844E-05	
28,7	1,028875E-05	
28,7	1,028906E-05	
28,7	1,028938E-05	
28,7	1,028906E-05	
22,6	1,028875E-05	1,021281E-05
22,6	1,028875E-05	1,021344E-05
22,6	1,028906E-05	1,021406E-05
22,6	1,028938E-05	1,021625E-05
22,6	1,028938E-05	1,021688E-05
22,6	1,028906E-05	1,021688E-05
22,6	1,028875E-05	1,021688E-05
22,6	1,028875E-05	
22,6	1,028844E-05	
22,6	1,028875E-05	
22,6	1,028906E-05	
22,6	1,028906E-05	
22,6	1,028906E-05	
22,6	1,028906E-05	
22,6	1,028875E-05	
22,5	1,028844E-05	1,021750E-05
22,5	1,028875E-05	1,021750E-05
22,5	1,028906E-05	1,021813E-05
22,5	1,028906E-05	1,021813E-05
22,5	1,028906E-05	1,021844E-05
22,5	1,028906E-05	
22,5	1,028938E-05	
22,4	1,029031E-05	1,021844E-05
22,4	1,029031E-05	1,021875E-05
22,4	1,029000E-05	1,021906E-05
22,4	1,029094E-05	1,021938E-05
22,4	1,029125E-05	1,021938E-05
22,4	1,029156E-05	1,021969E-05
22,4	1,029156E-05	1,022000E-05
22,4	1,029156E-05	
22,4	1,029094E-05	
22,3	1,029063E-05	1,022000E-05
22,3	1,029125E-05	1,022031E-05
22,3	1,029219E-05	1,022063E-05

22,3	1,029313E-05	1,022063E-05
22,3	1,029281E-05	1,022094E-05
22,3	1,029219E-05	
22,3	1,029188E-05	
22,3	1,029188E-05	
22,3	1,029188E-05	
22,3	1,029344E-05	
22,2	1,029594E-05	1,022125E-05
22,2	1,029656E-05	1,022156E-05
22,2	1,029656E-05	1,022188E-05
22,2	1,029563E-05	1,022219E-05
22,2	1,029438E-05	1,022250E-05
22,2	1,029281E-05	1,022313E-05
22,2	1,029313E-05	1,022281E-05
22,2	1,029563E-05	1,022313E-05
22,2	1,029625E-05	
22,2	1,029750E-05	
22,2	1,029813E-05	
22,2	1,029813E-05	
22,2	1,029750E-05	
22,2	1,029688E-05	
22,1	1,029844E-05	1,022344E-05
22,1	1,029938E-05	1,022344E-05
22,1		1,022313E-05
22,1		1,022313E-05
22,1		1,022375E-05
22,1		1,022344E-05
22,1		1,022313E-05
22,1		1,022250E-05
22,1		1,022156E-05
22	1,029906E-05	1,022156E-05
22	1,029906E-05	1,022125E-05
22	1,029875E-05	1,022125E-05
22	1,029906E-05	1,022125E-05
22	1,029938E-05	1,022094E-05
22	1,029938E-05	1,022094E-05
22	1,029969E-05	1,022094E-05
22	1,029938E-05	1,022094E-05
22	1,029906E-05	1,022094E-05
22	1,029906E-05	1,022094E-05
22	1,029969E-05	1,022125E-05
22	1,030031E-05	1,022125E-05
22	1,030063E-05	1,022125E-05
22	1,030094E-05	1,022094E-05
22	1,030094E-05	1,022094E-05

22	1,030094E-05	1,022125E-05
22	1,030031E-05	1,022156E-05
22	1,030000E-05	1,022094E-05
22	1,030000E-05	1,022094E-05
22	1,030000E-05	1,022031E-05
22	1,030094E-05	1,021969E-05
22		1,021938E-05
22		1,021906E-05
22		1,021906E-05
22		1,021875E-05
22		1,021750E-05
22		1,021750E-05
22		1,021781E-05
22		1,021813E-05
22		1,021844E-05
22		1,021844E-05
22		1,021844E-05
22		1,021781E-05
22		1,021750E-05
22		1,021656E-05
21,9	1,030125E-05	1,021688E-05
21,9	1,030125E-05	1,021750E-05
21,9	1,030125E-05	1,021781E-05
21,9	1,030125E-05	1,021781E-05
21,9	1,030094E-05	1,021781E-05
21,9	1,030094E-05	1,021781E-05
21,9	1,030094E-05	1,021688E-05
21,9	1,030188E-05	1,021406E-05
21,9	1,030156E-05	1,021375E-05
21,9	1,030125E-05	1,021469E-05
21,9	1,030125E-05	

7.6 Apêndice V

Dados do tempo de percurso da onda ultrassônica para soluções de 600 e 650PPM em tubo de aço inoxidável

Temperatura	650ppm	600ppm
-------------	--------	--------

26,6	1,164600E-04	--
26,5	1,164700E-04	--
26,4	1,165000E-04	--
26,3	1,165080E-04	--
26,1	1,165580E-04	--
25,9	--	1,166570E-04
25,8	--	1,166770E-04
25,7	1,166380E-04	--
25,6	1,166600E-04	1,167200E-04
25,5	1,166830E-04	--
25,4	--	1,167580E-04
25,3	1,167200E-04	--
25,1	1,167650E-04	--
24,9	1,168050E-04	--
24,8	--	1,168800E-04
24,7	--	1,169020E-04
24,6	--	--
24,5	1,168680E-04	1,169450E-04
24,4	1,168850E-04	--
24,3	1,169130E-04	1,169980E-04
24,2	1,169300E-04	1,170370E-04
24	1,169630E-04	1,170800E-04
23,9	1,170000E-04	--
23,8	1,170180E-04	1,171450E-04
23,7	1,170400E-04	--
23,6	1,170630E-04	1,171550E-04